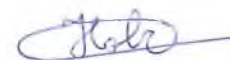


Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад –
Национальный научный центр РАН»

На правах рукописи



НОВИЦКИЙ МАКСИМ ЛЕОНИДОВИЧ

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭМБРИОЗЕМОВ
СУЛЬФИДСОДЕРЖАЩИХ ПОРОД ШАХТНЫХ ОТВАЛОВ
И ПУТИ ИХ ОПТИМИЗАЦИИ**

03.02.08 – экология

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Научный руководитель:

доктор сельскохозяйственных наук

Опанасенко Николай Евдокимович

Научный консультант:

доктор сельскохозяйственных наук,

чл.-корр. РАН

Плугатарь Юрий Владимирович

Ялта – 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
РАЗДЕЛ 1 РАСПРОСТРАНЕНИЕ, КЛАССИФИКАЦИЯ И СВОЙСТВА СУЛЬФИДНОЙ ГОРНОЙ ПОРОДЫ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)	11
1.1 Сукцессии и первичное почвообразование на техногенных субстратах	11
1.2 Классификация, морфология, генезис и распространение отвалов с сульфидсодержащей породой, их изучение (способы рекультивации)	23
1.3 Физические свойства сульфидной горной породы	32
1.4 Физико-химические и химические свойства сульфидной горной породы	36
РАЗДЕЛ 2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	43
2.1 Описание эксперимента и схема проведения опыта	43
2.2 Методы исследований	49
РАЗДЕЛ 3 ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ РЕГИОНА ИССЛЕДОВАНИЙ	52
3.1 Климат района и погодные условия в период проведения исследований	52
3.2 Почвы и почвообразующие породы	55
3.3 Геология	57
3.4 Растительный покров	58
РАЗДЕЛ 4 ДИНАМИКА АВТОГЕННОЙ СУКЦЕССИИ НА СУЛЬФИДСОДЕРЖАЩИХ ШАХТНЫХ ОТВАЛАХ И РЕАКЦИЯ РАЗЛИЧНЫХ ПОРОД ДЕРЕВЬЕВ И КУСТАРНИКОВ НА СВОЙСТВА ЭМБРИОЗЕМОВ	61
4.1 Первичная сукцессия на эмбриоземах сульфидных отвалов	61
4.2 Определение оптимальных значений эдафических критериев, определяющих пригодность эмбриоземов для древесно-кустарниковых растений и выявление наиболее устойчивых видов для выращивания на серосодержащих отвалах	77

РАЗДЕЛ 5 СВОЙСТВА, ПОКАЗАТЕЛИ И РЕЖИМЫ СУЛЬФИДНОЙ ГОРНОЙ ПОРОДЫ И ЭМБРИОЗЕМОВ	86
5.1 Свойства свежееотсыпанной сульфидной горной породы	86
5.2 Физические свойства горной породы и молодой почвы	93
5.3 Химические и физико-химические свойства горной породы и молодой почвы понижений	101
5.4 Агрохимические показатели горной породы и молодой почвы понижений	104
5.5 Водно-физические свойства молодой почвы понижений молодой почвы понижений и сульфидной горной породы	109
5.6 Водный режим	113
5.7 Динамика подвижных форм основных питательных веществ	116
РАЗДЕЛ 6 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННО-ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И КАРБОНАТНОГО СУГЛИНКА В ОПТИМИЗАЦИИ БИОЭКОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СУЛЬФИДНЫХ ШАХТНЫХ ОТВАЛОВ	120
6.1 Использование отходов древесно-перерабатывающей промышленности для изменения свойств и показателей сульфидной породы.....	120
6.2 Применение осадков хозяйственных стоков для повышения содержания питательных компонентов в техногенных отвалах	130
6.3 Анализ вариантов комбинирования искусственных субстратов для улучшения условий роста, выделение группы перспективных древесно-кустарниковых растений для экологической оптимизации вскрышных шахтных отвалов	136
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	139
ВЫВОДЫ	142
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	145
ПРИЛОЖЕНИЕ А	200
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	208

ПРИЛОЖЕНИЕ В 210

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. При добыче полезных ископаемых из оборота изымаются все новые и новые сельскохозяйственные и лесные угодья, соответственно возрастают и площади нарушенных земель. В России при добыче только открытым способом угля, железных, марганцевых руд и флюсов нарушено более 1,1 млн. га различных земельных угодий. Восстановление нарушенных земель является одним из важнейших процессов воспроизводства компонентов экосистем техногенных ландшафтов. На вынесенных на поверхность отвалах вскрышных пород угольных месторождений под влиянием природных факторов начинается процесс первичного почвообразования, формируются молодые почвы, которые заметно отличаются по свойствам от зональных почв сопредельных территорий.

Отвалы с серосодержащими породами – сложнейший объект для рекультивации (создания эдафотопы) и дальнейшего биологического освоения. По эколого-биологической и агрохимической классификации горных пород Н.Т. Масюка (1992) и А.И. Савича (1974) углистые сланцы отнесены к 5-му классу и оценены ими, а также Н.Е. Бекаревичем, Н.И. Горбуновым, А.А. Колбасиным (1974), как непригодные для биологической рекультивации без коренного улучшения.

В сульфидсодержащей породе в отвалах содержатся фитотоксичные углистые и глинистые сланцы, аргиллиты. В процессе перемещения породы на дневную поверхность под влиянием различных факторов активизируются физическое выветривание, окисление, растворение, гидролиз, гидратация, происходит горение и пыление отвалов (Ковда, 1973; Бакланов, 1984; Максимович, Горбунова, 1991; Зубова, 2000; Зверковский, Тупика, 2001; Зверковский, Грицан, Тупика, 2006; Андроханов, 2010).

Так, окисление дисульфидов железа при активном участии микроорганизмов происходит образованию серной кислоты, разрушение

кристаллической решетки минералов, что приводит к гидролизу сульфатов железа и алюминия. При незначительном содержании в породе щелочноземельных металлов развивается высокая обменная и активная кислотность (рН 3–2), разрушается кристаллическая решетка алюмосиликатов, возрастают подвижные и токсичные для растений концентрации алюминия, железа, марганца и других элементов (Савич, 1969; Зайцев, 1970; Адерихин, Дудкин, Михайлова, Усков 1986; Баньковская, Максимович, 1989; Махонина, 2003). Исследованиями Н.Е. Опанасенко, И.В. Костенко, В.В. Корженевского (2000 – 2003), установлено, что для сульфидных пород присущи ряд отрицательных химических свойств, физико-химических свойств (высокая концентрация легкорастворимых токсичных солей, солонцеватость, низкая поглотительная способность, низкое содержание экстрагируемого углерода, органического вещества и азота), физических и водно-физических свойств (водопроницаемость, обедненность илом бесструктурность, высокая плотность сложения) (Корженевский, Мухина, Оболонский, Опанасенко, Халемендик 2001; Костенко, 2001; Костенко, Опанасенко, 2002; Костенко, Опанасенко, 2005; Костенко, Опанасенко, Бабич, Кайданович, 2006).

Анализ научной литературы по серосодержащим отвалам показал, что их свойства, режимы и экологические функции имеют четко выраженную региональную и индивидуальную специфику, и в отдельных регионах остаются малоизученными. В частности, недостаточно изучены посттехногенные воздействия на показатели плодородия эмбриоземов и на древесно-кустарниковые растения в возрасте 10 и более лет. Не изучены динамика кислотного комплекса, трансформация дисульфидов в сульфаты, оструктурирование, содержание экстрагируемого органического вещества, азота, фосфора, калия и влаги в молодых почвах понижений. Не дана оценка пригодности эмбриоземов под различные виды деревьев и кустарников и не установлены для них допустимые критерии основных эдафических показателей. Это свидетельствует об актуальности и необходимости проведения дальнейших исследований.

Степень разработанности. Восстановлению экосистем на сульфидсодержащих отвалах уделено большое внимание (Савич, 1969; Зайцев,

1970; Адерихин, Дудкин, 1986; Баньковская, Н.Г. Максимович, 1989; Г.И. Махонина, 2003, Костенко, Опанасенко, 2005). В существующих работах показано, что сукцессия растительного покрова, свойства, режимы и экологические функции эмбриоземов имеют четко выраженную региональную и индивидуальную специфику и в отдельных регионах остаются малоизученными.

Цели и задачи

Цель: Выявить особенности автогенной сукцессии и первичного почвообразования на сульфидсодержащих шахтных отвалах для разработки приемов оптимизации этих процессов.

Задачи исследования:

1. Изучить динамику видового состава растительных сообществ на сульфидных породных отвалах и установить их систематическую, географическую и биоморфологическую структуру.

2. Установить стадийность и интенсивность процессов саморекультивации в соответствии с развивающимися процессами выветривания и почвообразования в понижениях на сульфидных отвалах.

3. Изучить физические, водно-физические, химические свойства, водный режим эмбриоземов, а также содержание элементов минерального питания в них на тренде автогенной сукцессии.

4. Установить эдафические критерии пригодности техногенных субстратов для древесно-кустарниковых растений и на основе комплексного изучения особенностей развития этих растений (жизненность, распространение корневой системы) выявить наиболее устойчивые виды для использования при создании искусственных фитоценозов.

Научная новизна. На основе комплексных исследований системы «сульфидсодержащий субстрат – рельеф – эмбриоземы, эдафотоп – климатоп – растительность» выявлены особенности автогенной сукцессии, установлены свойства и показатели плодородия эмбриоземов и техногенных субстратов, дана оценка их пригодности для фитомелиорации.

Теоретическая и практическая значимость работы

Теоретическая значимость: Установлена динамика видового состава фитоценозов, систематическая структура, структура корневой системы растений в ходе развития молодой почвы на сульфидсодержащих отвалах.

Доказано, что эдафические факторы являются лимитирующими для развития растительных сообществ на отвале.

Практическая значимость: Разработаны малозатратные рельефоформирующий и физико-химический способы рекультивации фитотоксичных, серусодержащих пород шахтных отвалов. Подобран ассортимент перспективных древесно-кустарниковых растений для создания искусственных фитоценозов на сульфидсодержащих отвалах.

Научные исследования легли в основу разработки двух проектов по горнотехнической и биологической рекультивации сульфидных горных пород отвалов на шахте «Степная», балки «Безымянная» и шахте «Юбилейная» ПАО «ДТЭК «Павлоградуголь» (Приложение В).

Методология и методы исследования. Методологической основой диссертационного исследования послужили труды зарубежных и отечественных ученых в сфере восстановления техногенно нарушенных в результате угледобычи биогеоценозов и изучения различных способов рекультивации сульфидсодержащих отвалов. При выполнении работы использованы необходимые стандартизированные методы изучения автогенной сукцессии, методы исследования эмбриоземов и сульфидной горной породы, а также методы математической статистики.

Положения, выносимые на защиту:

Выявлено, что на вершинах сульфидсодержащих шахтных отвалов за счет их оптимизации формируется бугристо-западинный мезорельеф, благодаря чему в понижениях между буграми за счет дополнительного поверхностного стока атмосферных осадков и сноса тонкодисперсных частиц шахтной породы интенсивно протекают процессы выветривания, окисления, выщелачивания,

рассолонцевания и почвообразования, что за 10–12 лет приводит к развитию пионерных фитоценозов и формированию в западинах молодых почв.

Видовой состав, стадийность и интенсивность прогрессивной сукцессии связаны с развивающимися во времени процессами выветривания и почвообразования, а также с плодородием молодой почвы.

На шахтных отвалах протекает автогенная сукцессия по типу благоприятствования на пионерной стадии до момента формирования древесно-кустарниковых растений. Далее сукцессия протекает по типу толерантности.

Степень достоверности результатов исследования подтверждена четкой постановкой цели и задач, тщательным планированием эксперимента, использованием подходящих целям и задачам методов и применением статистической обработки.

Апробация результатов. Основные результаты исследований доложены на конференциях молодых ученых в Никитском ботаническом саду НБС-ННЦ (2011 г.); на международных конференциях: «Рекультивация складных техноэкосистем в новом тысячелетии: ноосферный аспект» (Украина, м. Днепропетровськ, 29 – 30 мая 2012 г.); «Відновлення порушених природних екосистем» (Украина, м. Донецьк, 12 – 15 мая 2014 г.); студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов 2015» (Россия, Москва, МГУ, 13 – 17 апреля 2015 г.); на научно-практической конференции «Экобиологические проблемы Азово-Черноморского региона и комплексное управление биологическими ресурсами» (Ялта – Севастополь, 28–30 сентября 2015 г.); на научных чтениях «Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологические устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства», посвященных памяти члена-корреспондента РАСХН и НАН КР, академика МАЭП и РАВН Якова Васильевича Бочкарева 18 декабря 2015 года (Рязань, 2015 г.); на Всероссийской с международным участием научной конференции «Актуальные проблемы устойчивого развития агроэкосистем (почвенные, экологические, биоценологические аспекты)», посвященной 60-летию лаборатории агроэкологии Никитского ботанического сада (Ялта, 7 – 11 октября 2019 г.).

Публикации: По теме диссертационной работы опубликовано 24 печатные работы, из них в журналах, рекомендованных ВАК – 7.

Личный вклад автора. В диссертацию вошли материалы, полученные лично автором в результате полевых и лабораторно-аналитических исследований в 2010 – 2012 гг. Автор выполнил весь объем исследований, провёл анализ полученных данных, сформулировал основные положения диссертации, составляющие ее новизну и практическую значимость.

Структура работы: Диссертация изложена на 209 страницах, состоит из введения, 6 глав, заключения, выводов, списка литературы, включающего 455 источников, из них 111 на иностранных языках, и приложений, изложенных на 12 страницах. Работа включает в себя 32 таблицы и 18 рисунков.

РАЗДЕЛ 1 РАСПРОСТРАНЕНИЕ, КЛАССИФИКАЦИЯ И СВОЙСТВА СУЛЬФИДНОЙ ГОРНОЙ ПОРОДЫ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

1.1 Сукцессии на техногенных субстратах и первичное почвообразование

Понятие о сукцессиях – одно из основных в современной экологии, в нем преломляются все аспекты изучения сообществ. Под сукцессией понимается упорядоченный и направленный процесс изменения сообщества в результате взаимодействия его живых компонентов между собой и окружающей физической средой. Сукцессия выражается во времени в преобразовании как самого сообщества, так и внешней среды. Весь живой покров Земли, если его рассматривать на биогеоценотическом (экосистемном) уровне, подвержен непрерывным закономерным изменениям, текучести так же, как и процессы на любых уровнях жизни (Чернова, 1977). По мнению Р. Маргалефа, представление о сукцессии в экологии должно занимать такое же место, как представление об эволюции в общей биологии (Margalef, 1968).

Изучение сукцессий зародилось в конце позапрошлого века (Warming, 1896; Cowles, 1901) в недрах фитосоциологии – науки, которая в наиболее наглядной форме сталкивается с изменениями живыми организмами своего окружения (создание фитосреды). Первые же шаги в изучении смен сообществ дали так много нового, что привели к созданию чрезвычайно оригинальной теории Ф. Клементса (Clements, 1904, 1916, 1936), аналогизировавшей развитие сообществ и онтогенез организма с концепцией серийных и моноклимаксовой стадий. Ф. Клементс постулировал не только «онтогенез», но и «филогенез» растительного покрова Земли (происхождение «панклимаксов» от «эоклимаксов»). Несмотря на многочисленные недостатки, подвергшиеся последующему многолетнему обсуждению в разных геоботанических школах, концепция Ф. Клементса оставила большой след в разработке теории сукцессий. По мнению В.Д. Александровой, универсальная классификация таксономических

единиц растительного покрова, созданная этим ученым, до сих пор остается единственной, учитывающей динамику растительности (Александрова, 1969; Миркин, 1984).

Одна из основных особенностей сукцессий – постепенное замедление темпов смены ценозов, в результате чего последовательный ряд их рано или поздно завершается относительно устойчивым сообществом. Весь ряд сообществ, от пионерного, неустойчивого, до относительно стабильного, был назван Ф. Клементсом серией, или серой. Отсюда отдельные этапы развития сукцессий – сериальные стадии. Эта терминология используется и в настоящее время. Понятие заключительной стабильной стадии, или климакса, затем многократно пересматривалась (Чернова, 1977).

Исследованием особенностей растительных сукцессий на различных субстратах и почвах занимались многие исследователи (Пачоский, 1891; Еленкин, 1921; Раменский, 1924, 1938, 1952; Сукачев, 1942, 1950, 1954, 1964; Алехин, 1928; Лавренко, 1940; Ярошенко, 1961 и др.). Подробный анализ развития взглядов и идей в изучении сукцессий геоботаниками дан В.Д. Александровой (1964, 1969).

Вклад геоботаников в изучение сукцессий заключается в создании многочисленной терминологии и разнообразных классификаций как отдельных этапов сукцессий, так и самих сукцессионных рядов растительных сообществ. Одной из главных особенностей всех ранних классификаций является их описательный характер, основанный на внешних признаках: по длительности и масштабности (кратковременные, длительные, вековые смены), по изначальным свойствам местообитаний (первичные и вторичные сукцессии и их подразделения), по жизненным формам растений на заключительных или инициальных стадиях, по направленности (прогрессивные или регрессионные смены). Среди ботаников широко распространена классификация В.Н. Сукачева (1950, 1954), в которой сукцессии растительности систематизируются по причинам их называющим: автогенные (сингенетические, эндогенные, филоценогенетические) и экзогенные (гологенетические и локальные катастрофические) сукцессии.

С точки зрения концепции пространственного-планирования, то есть представления об оптимальной эколого-биологической, эстетической и социальной структуре пространства, а также наряду с использованием почвосмесей в качестве «материала» ландшафтного обустройства растения являются самым важным элементом ухода за ландшафтом (Плугатарь, Корженевский, 2015).

Подбор растений, пригодных для оптимизации экосистем и ландшафтного строительства, определяется рядом критериев, решающий из которых – критерий соответствия местопроизрастанию. Условия произрастания растений представляет собой совокупность факторов среды: гидротермических, эдафических, гидрологических и других.

В природных условиях места обитания обуславливают определенную комбинацию (совокупность, ассамблею) растений, соответствующую типу растительности. В ряде случаев, при которых возникает необходимость осуществления работ по ландшафтному строительству, приходится иметь дело не с естественными местообитаниями, а с существенно изменившими свою структуру в результате деятельности человека, т.е. техногенными. К таким структурам относятся все отвалы горных выработок и элементы их сопровождающие (Дмитрова, 2019).

В связи с добычей угля и других полезных ископаемых учеными уделяется все больше изучению регенерации техногенных ландшафтов и формированию в их пределах биоценозов. Важнейшим аспектом этой проблемы является изучение процессов почвообразования и сингенетических сукцессий растительности на горных породах прошлых геологических эпох, вынесенных на дневную поверхность.

Интерес к процессам почвообразования в техногенных ландшафтах с каждым годом возрастает, ибо многими исследователями выявлены крайне интересные в теоретическом и важные в прикладном отношении факты быстрого формирования в различных экологических нишах техногенных ландшафтов молодых почв в итоге регенерации биоценозов. Этими фактами еще раз

подтверждаются идеи о доминирующей почвообразующей роли живого вещества, которые развивались В.И. Вернадским (1926), В.Р. Вильямсом (1949), и Б.Б. Польшовым (1956). Быстрый ритм таких процессов в техногенных ландшафтах, по мнению учёных зачастую подвергается сомнениям из-за того, что выходит за рамки привычных представлений. Сомнения вызваны тем, что в экосистемах с ненарушенным сложением способность микроорганизмов и растительных сообществ к самовосстановлению и расширению ареала не проявляется так сильно, как это случается при значительных нарушениях ландшафтов. Открытые разработки полезных ископаемых, существенно изменяющие облик природных ландшафтов, могут служить в данном случае примером катастрофического изменения облика земли, при котором тенденция биоценозов к самовоспроизводству проявляется очень редко (Етеревская, Угарова, 1979).

В техногенных ландшафтах, окруженных природными и культурными высокопродуктивными биогеоценозами, восстановление уничтоженных промышленностью биогеоценозов (в том числе и почв) может происходить еще более быстрыми темпами. Об этом свидетельствуют материалы ряда авторов (Schulze, Rozania, 1969; Вернер, 1973; Гагатишвили, 1976; Махонина 1974; Трофимов, Фаткулин, 1977).

Этим вопросам посвящено большое число публикаций, в которых рассматриваются процессы почвообразования и самозарастания в различных природных зонах на слабокислых, нейтральных и слабощелочных рыхлых горных породах с относительно благоприятными физическими, химическими и физико-химическими свойствами для произрастания растительности (Бекаревич и др., 1971; Бондарь, 1971; Бондарь, Додатко, 1973; Трофимов, 1974; Масюк, 1968, 1984; Моторина, 1970; Чибрик, 2002; Чибрик, Батулин, 2003; Курачев и др., 2002; Андроханов и др., 2004, 2009; Лисецкий, Голушов, Кухарук, Чепелев, 2005; Костенко, Опанасенко, 2005; Середина и др., 2006; Новицкий, 2016; Bauer, 1970; Diekjobst, Ant, 1972; Peucker, 1970; Johnson, Skousen, 1994, 1996).

Заращение карьеров по добыче угля и других полезных ископаемых происходит по типу первичной автогенной сукцессии: территория характеризуется полным отсутствием питательных веществ и поселений живых организмов; здесь поступательно происходят заселение, начиная с микроорганизмов, а также мхов и лишайников, пионерных растений, формирование молодой почвы, смена водного режима и микроклимата данной территории. Вторичная сукцессия в отличие от первичной, являются восстановительными сменами нарушенных сообществ. Бытует мнение, что некорректно сравнивать выводы, полученные в ходе исследования вторичных сукцессий, которые протекают, на более плодородных и устоявшихся субстратах, с более поздними стадиями первичных сукцессий (Old Fields..., 2007). Выделяют 5 стадий первичной сукцессии (Clements, 1928): 1. Появление пустых, не занятых жизнью участков; 2. Поселение организмов и появление их диаспор на данных территориях; 3. Распространение особей, формирование сомкнутого покрова; 4. Конкуренция внутри сформировавшегося сообщества, смена пионерных видов на виды, маркирующие более поздние сукцессионные стадии; 5. Усиление эдификаторной роли растений, значительное влияние растительного сообщества на среду и изменение ее параметров.

На различных экотопах сукцессия протекает по различным путям, может приводить к формированию различных сообществ и иметь разную скорость. Модели сукцессии, учитывающие всю широту этого вопроса, называют поливариантными. О.И. Сумина (2013) выделила на отвалах 5 этапов сукцессии растительных сообществ:

1. Нулевой этап сукцессии – это голый грунт (порода), где он представлен единой минеральной матрицей. Начало заселения является следующим этапом или стартовый этап, он характеризуется низким уровнем общего проективного покрытия (ОПП) и наличием редких групп пионерных однолетних видов растений.
2. Первый этап, на нём субстрат по сравнению с нулевым этапом еще слабо изменен, вследствие различных абиогенных процессов начинается разделение

различных экотопов, что приводит к расхождению путей восстановления растительности.

3. Сукцессии ОПП на первом этапе развита незначительно (5–10%), существенного воздействия на субстрат растениями на этой стадии еще не оказывается. В общем варианте элювиальные экотопы, хорошо дренированные, сухие; здесь выражены эрозионные процессы и выщелачивание элементов. Трансэлювиальные экотопы склонов характеризуются различным режимом увлажнения. На подобных территориях идет миграция элементов, также возможна эрозия. По сравнению с элювиальными экотопами, здесь немного выше общее проективное покрытие, иногда в корнеобитаемом слое растений реакция среды субстрата оказывается значительно ниже. Трансэлювиально-аккумулятивные экотопы подножий склонов считаются более благоприятными для произрастания растений, это проявляется в большем проективном покрытии, помимо однолетних и многолетних длинно-корневищных трав эксплерентов появляются растения с разнообразными жизненными формами. На данной стадии особого воздействия растений на субстрат не наблюдается. Умеренное и избыточное увлажнение типично для аккумулятивных экотопов, здесь складываются благоприятные условия для развития растительности. На таких участках поселяются виды-гигрофиты, ОПП растительности увеличивается. Автором второй этап был назван «злаковой или переходной» стадией. В ней преобладают процессы биологического и химического выветривания, в некоторых случаях начинается образование подстилки. Преобладают виды семейства *Poaceae*. На элювиальных экотопах продолжается смыв мелких фракций грунта. Данные территории относятся к олиготрофным, где значительно преобладают злаки, где при интенсивном их скоплениях начинается гумусообразование. Трансэлювиальные экотопы относятся к мезотрофным местообитаниям, злаки занимают господствующее место, идет изменение гранулометрического состава, увеличивается видовое разнообразие. Образование органики относится к парцеллам растительности. В трансэлювиально-аккумулятивных экотопах происходит интенсивное накопление мелкозёма, параллельно с этим

накапливаются семена растений. Благодаря этому увеличивается на таких территориях общее проективное покрытие, которое составляет от 30 до 50%. Кустарниковые растения в таких фитоценозах играют существенную роль, число злаков возрастает, растительный покров усложняет свою структуру. Накапливаются питательные вещества, под действием растительности меняется реакция среды, могут меняться водные режимы, снегонакопления и светового режима, начинается первичное почвообразование. Прежде всего, на такие процессы влияют лишайники и мхи (Сумина и др., 2008).

4. Автор называет третий этап переходной, или «кустарниковой стадией». С увеличением растительного покрова миграция биофильных элементов на всех элементах рельефа замедляется. Общее проективное покрытие растительности увеличивается во всех типах экотопов. Формируется средний, кустарниковый ярус, интенсивно накапливается опад и образуется подстилка. На элювиальных экотопах под кустарниками появляются покров их мхов, усложняется структура растительного покрова, накапливается опада, начинают активизироваться микроорганизмы в почве. Благодаря развитию растительности на склонах, на транзитных экотопах процессы перемещения элементов затухают. Средняя часть склона приобретает характеристики верхней или нижней частей, из-за этого границы сильно размываются. В трансэлювиально аккумулятивных и аккумулятивных экотопах ярко происходит интенсивное накопление органического вещества, усложняется структура растительного покрова. Увеличивается значительно активность и численность почвенных организмов.

5. Четвертый этап – это последняя завершающая стадия. Процессы миграции биофильных элементов контролируются растительными сообществами. Образовавшиеся фитоценозы становятся более элювиально устойчивыми, древесно-кустарниковые виды задерживают биофильные элементы, из-за чего их миграция значительно замедляется. Происходят процессы биологического выветривания, увеличивается процент древесно-кустарниковых растений, а также роль лишайников и мхов. Видовой состав лишайников сходен с ненарушенными

сообществами, прослеживается четко выраженная ярусность. Разнообразие почвенных грибов увеличивается, формируются молодые почвы.

Ход и направление восстановления экосистем на начальных этапах сукцессии в значительной мере определяют субстрат (эмбриозём), сильно различающиеся по своим свойствам. Скорость развития сукцессии может определяться микроагрегатным и гранулометрическим составами, способностью субстратов удерживать влагу, а также рядом других показателей и свойств. Разнообразие растительного покрова зависит от типа субстрата (Sumina, 1998), сам субстрат и его поверхность может оказывать воздействие на распределение различных семян на нём (Chambers et al., 1990).

Отмечено, что почвы с суглинистым и супесчаным гранулометрическим составом обладают наибольшей скоростью развития сукцессий, немного медленнее развитие растительного покрова идет на песчаных, глинистых и меловых почвах (Нешатаев, 2012). Суглинок по своим физическим и химическим свойствам может быть потенциально плодородным субстратом. Он характеризуется благоприятными физико-химическими свойствами (высокая степень насыщенности основаниями, высокая емкость поглощения) (Манаков, 2012).

При более благоприятных условиях эдафотопы, скорость развития сукцессии выше, а значит, число видов в таких условиях увеличивается, их способность существовать на таких субстратах возрастает. На примере карьеров лесотундры на супесчаных и суглинистых породах было выявлено по 8 сукцессионных рядов и на песчаных по 6 рядов (Копцева, 2005). В подтверждение этой гипотезы наиболее динамические полночленные ряды и наиболее высокие темпы сукцессии в данном случае. В противоположность суглинкам для песков характерны менее благоприятные физические, химические свойства и агрохимические показатели (Андроханов, Курачев, 2010).

При наличии органического вещества или при его внесении восстановление экосистемы происходит быстрее. В качестве примера приведём нарушенные территории в зоне тайги, где было показано, что темпы развития сукцессии имела

на смесях морены и торфа лучший результат, наиболее медленное восстановление шло на вскрышных породах (Костина, 2013).

В классификационном отношении (согласно Классификации и диагностики почв России, 2004) техногенные поверхностные образования представлены эмбриоземами (молодые почвы) (Андроханов, Курачев 2010).

Отвалы токсичных горных пород, в том числе и содержащие сульфидные минералы, также весьма широко распространены, но процессы первичного почвообразования и самозараствания на них изучали немногие исследователи (Адерихин и др., 1986; Дудкин, 1989; Елпатьевская, 1995; Савич, 1989; Максимович, Горбунова, 1991; Зубова, 2000; Грицан, 2003; Зверковский, Тупика, 2003).

Процессы почвообразования на токсичных породах изучены недостаточно, но некоторые элементарные почвенные процессы (ЭПП) отражены в полной мере.

В литературе довольно детально охарактеризовано образование кислотного комплекса при сернокислом выветривании пиритсодержащих пород и в эмбриоземах отвалов. Вкратце оно сводится к тому, что в процессе окисления и при участии тионовых бактерий в сульфидсодержащих породах накапливается свободная серная кислота, реакция среды подкисляется до летальных для растений значений, возникает высокая обменная кислотность, повышается содержание подвижного (в ионных формах) алюминия и железа. Такие породы становятся фитотоксичными для растений. Скорость окислительного процесса во многом зависит от количества и степени дисперсной пиритной серы, а также от гранулометрического состава горной породы (Адерихин, 1986; Масюк, Бабенко, 1992; Елпатьевская, 1995).

Известно, что наличие органического в почве отличает её от горных пород и является самым устойчивым показателем плодородия. В нем сосредоточены основные энергетические ресурсы для почвенных микроорганизмов и запасы важнейших для растений элементов питания. В связи с этим, о темпах почвообразования на горных породах наиболее корректно судить по темпам гумусообразования и гумусонакопления (по содержанию углерода или гумусовых

кислот), а также по обеспеченности молодых почв основными питательными веществами (N, P, K) и по богатству основаниями (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+). Кроме того, накопление органического углерода и азота является диагностическим признаком активного почвообразования.

Все свойства органического вещества представляют самую важную экологическую часть эдафотопы, их разделение в твердой фазе, накопление и оформление специфической органо-минеральной фазы отражают наиболее важные стороны образования почв (Накаряков, Трофимов, 1978). По данным В.А. Андроханова (1986), состав ископаемого органического вещества в большей степени представлен высокодисперсным растительным детритом, в меньшей степени – обломками лигнитов. Установлена зависимость обугленности и количества ископаемой органики от гранулометрического состава горных пород (Адерихин, 1986).

П.Г. Адерихин с сотрудниками (1986) установлена зависимость гумусопроявления на первых стадиях развития молодых почв сульфидных отвалов от наличия и состава ископаемого органического вещества и что в ходе сернокислого выветривания происходит усиленная деструкция реликтового органического вещества молодых почв до его почти полного окисления. В молодых почвах на сульфидных отвалах Курской магнитной аномалии к 9 годам накопление органического вещества составило в слое 0–50 см 0,52–0,71% $\text{C}_{\text{орг}}$, а количество валового азота – 0,02–0,03% при соотношении C/N 17–29, что не свойственно зональным почвам.

На довольно высокое содержание углистого вещества (1,3–2,4% $\text{C}_{\text{орг}}$) в надугольных глинах Подмосковского бассейна обратил внимание А.И. Савич (1969) и отметил, что углистое органическое вещество со временем окисляется с образованием CO_2 .

Интересна работа В.Н. Преображенской (1966), в которой она отмечает, что аутогенное пиритообразование в осадочных породах связано и обусловлено исходным количеством органического вещества в начале диагенеза. Характеризуя осадки юрского и нижнемелового возраста Курской магнитной аномалии, она

отмечает неравномерность распределения пирита в породах и его зависимость от размещения ископаемых растительных остатков, по которым он выделяется.

На 24-летних отвалах свинцово-цинковых сульфидных месторождениях Сихотэ-Алиня естественная растительность была представлена лесными монодоминантными сообществами с господством дуба монгольского при участии березы, ясеня, клена, ивы и тополя, а также бобово-разнотравной и полынно-злаковой группировками. Установлено, что для посттехногенной фазы эволюции техногенного ландшафта характерно формирование простых растительных группировок в результате самозарастания сульфидных пород, образование органогенных горизонтов, аккумуляция зольных элементов, формирование почвенного поглощающего комплекса (ППК) (Елпатьевская, 1995).

Возможность поселения растений на таких породах лимитируется сухостью субстрата, большими амплитудами температуры на его поверхности, высокой кислотностью. Более увлажненные микрозападины отвалов, где скапливается мелкозем, заняты травянистыми группировками, а первопоселенцами являются полынь, иван-чай, вейник, полевица. Из древесных – береза, тополь, ива, рябинник.

По данным Елпатьевской В.П. (1995), содержание органического углерода в молодых почвах под травянистой растительностью выше, чем под древесной. В составе органического вещества под травянистыми группировками значительная доля негидролизующего остатка, низкая степень гумификации, а среди подвижных компонентов преобладают фульвокислоты.

Накопление органического вещества под травянистыми группировками сопровождается подщелачиванием молодых почв, накоплением Са, Mg, P, замещением водорода и алюминия в ППК кальцием. Формирование органического вещества в молодых почвах на отвалах идет по зональному типу (гуматно-фульватному) (Елпатьевская, 1995).

По данным Г.И. Махониной (2003), на отвалах больше всего органического вещества накапливается под группой берез (0,24-2,58%), дальше идут сообществе

сосен (0,26-1,29 %, соответственно). Из травянистых растений под злаками накапливается больше всего гумус (0,23-0,48 %).

В своей работе С.В. Бешлей (2011) указывает, что важным фактором сульфидной горной породы шахтных отвалов является незначительное содержание органического вещества и его увеличение под вейником наземным (*Calamagrostis epigejos* (L.) Roth). Так, в породе отвала содержание органического углерода было 0,14%, тогда как под зарослями вейника наземного 1,97% (Бешлей, 2011).

Доказано, что темпы почвообразования в молодых почвах техногенных ландшафтов значительно выше, чем в старых зональных почвах (Бурыкин, 1985; Трофимов и др., 1989). В первое десятилетие скорость почвообразования на горных породах отвалов различных пород составляет 0,5–1,0 см в год, а потому наиболее эффективным, с точки зрения повышения плодородия субстратов шахтной породы, периодом вмешательства человека в естественный почвообразовательный процесс будет начальный период (как в случае с сульфидными отвалами). В стадии молодых почвенных образований необходимо регулировать и интенсифицировать почвообразовательные процессы и режимы (водно-воздушный, кислотно-щелочной, питательный и др.), используя научно-обоснованные, строго нормированные и экономически целесообразные приемы агротехнического и мелиоративного воздействия с использованием дешевых и доступных мелиорантов (суглинка, хозяйственно-бытовых отходов, плодородной почвы, удобрений).

Показано, что отвалы зарастают в первую очередь в понижениях, где больше мелкозема, легко задерживаются семена растений и скапливается больше влаги. Всё это оказывает влияние и на накопление органического вещества. Больше всего органического вещества сосредоточено в понижениях и на ровных участках, склоны и вершины повышений обладали низкими запасами органического вещества. Вместе с тем, влияние рельефа на скорость почвообразования и самозарастания молодых почв только обозначено, а конкретных количественных результатов очень мало. Зачастую выводы об

особенностях почвообразования на горных породах основаны на исследованиях единичных почвенных разрезов (Костенко, Опанасенко, 2005; Новицкий, 2014).

Таким образом, в литературе освещены только некоторые вопросы первичного почвообразования и самозарастания различных горных пород. Не представлены исследования по формированию эмбриоземов и развитию сукцессии на сульфидных горных породах в полной мере.

1.2 Классификация, морфология, генезис и распространение отвалов с сульфидсодержащей породой, их изучение (способы рекультивации)

Бурное развитие горнодобывающей промышленности во всем мире привело к значительному ухудшению экологической обстановки не только в зоне деятельности предприятий, но и далеко за ее пределами. Миллионы гектаров земли подвергаются непосредственному воздействию промышленных разработок, в результате которых нарушаются сложившиеся биогеоценотические связи, изменяется рельеф земной поверхности и литологическая основа, полностью уничтожаются почвенный и растительный покров. Особенно сильно воздействует на природные ландшафты горнодобывающая промышленность, в частности открытые разработки полезных ископаемых. Под их влиянием на огромных площадях значительным изменениям подвергаются характер и структура ландшафта (Почвенно-экологический мониторинг и охрана почв, 1994).

По утверждению В. А. Андроханова (Андроханов, Курачев, 2010) почвы техногенных ландшафтов, как и все почвы естественных ландшафтов, формируются благодаря развитию почвообразовательных процессов и под воздействием (по набору) факторов почвообразования. Все это позволяет классифицировать почвы, сформированные в техногенных ландшафтах на основе принципов генетического почвоведения (Розов, Иванова, 1967; Иванова, 1976). Распространенная недооценка этой существенной особенности генезиса почв

техногенных ландшафтов оказывается, на наш взгляд, серьезной причиной, до сих пор препятствующей разработке классификации почв.

Для техногенных почв неоднократно предпринимались попытки разработать классификацию (Овчинников, Федосеева, 1972; Моторина 1975; Охрана природы, 1985). Все эти попытки практически основывались не на генетических, а на технологических признаках. В них почти не учитывались почвенных, а учитывались ландшафтные признаки. Существуют работы, в которых попытались классифицировать почву техногенных ландшафтов как естественно историческое образование (Андроханов, Курачев, 2010).

На наш взгляд в работе Л.В. Етеревской с соавторами (1982), к классификации был применен иерархический подход, который позволил разделять многочисленные таксоны почв – от их классов до вариантов. По словам В.А. Андроханову с соавторами (2010) в этой классификации присутствует значимость технологических процессов формирования техногенного ландшафта, незначительная обоснованность почвенно-генетических диагностических признаков и критериев (Андроханов Курачев, 2010).

В последних изданиях общей классификации техногенных ландшафтов (Классификация..., 1997, 2004) вместо термина «почвы» используется термин «техногенное поверхностное образование» (ТПО). В основе систематики и диагностики ТПО лежит ряд характеристик строения, происхождения и состава материала, из которого состоят ТПО. При сходстве в подходах к классификации и диагностики техногенных почв и ТПО имеется принципиальная разница, слои ТПО не рассматриваются как генетически сопряженные горизонты (Классификация..., 1997). В классификации почв отвалы с серосодержащей породой отнесены к группе таксифабрикатов, подгруппе токсилитостратов. По мнению некоторых ученых (Андроханов, Курачев, 2010) в этой классификации не соблюдается первый принцип классификации почв, принцип генетичности, «предполагающий разделение почв, в связи с оценкой их генетического профиля как совокупности (системы) горизонтов, отражающих в своих свойствах процессы, их сформировавшие» (Классификация..., 2004).

На наш взгляд, лучше всего охарактеризовывает техногенные ландшафты в полной мере классификация, предложенная И.М. Ганджиевым и др. (Экология и рекультивация..., 1992). В ней применены современные профильно-генетические критерии и в последующем она апробирована в Кузбассе при картографировании техногенных ландшафтов. Была показана практическая пригодность этой классификация для этих целей. Такая классификация со временем была уточнена и модифицирована В.М. Курачевым и В.А. Андрохановым (Курачев, Андроханов, 2002): ствол постлитогенных почв по характеру почвообразования делится на три ветви – эмбриоземы, литоземы и элювиоземы.

При выносе горной породы на происходит практически полное разрушение естественных природных ландшафтов и образование техногенных (Моторина, Овчинников, 1975; Опанасенк с соавторами, 2004). Территория, на которой ведется добыча полезных ископаемых, постепенно обрастает терриконами. Всё это влечёт за собой значительное увеличение масштабов нарушения природных ландшафтов. В последние годы более широкое распространение получил такой термин как «техногенный» ландшафт (Шикула, Етеревская, Другов, 1970; Царабаев, 1975; Чеклина, 1976; Ролдан и др., 2012). Такие ландшафты негативно воздействуют на территории, прилегающие к ним. На прилегающих территориях активно идут процессы загрязнения почв и вод различными вредными веществами. Решение проблемы оптимизации техногенных ландшафтов, снижения негативного влияния на прилегающие территории, возвращения нарушенных земель во вторичное использование обществу становится актуальной экологической задачей (Попа, 2006; Андроханов, Курачев, 2010; Коршиков, Красноштан, 2012; Андроханов, 2014).

Наиболее сложными для биологической оптимизации являются отвалы содержащие в себе серосодержащие углесте и глинистые сланцы (Ковда, 1973; Масюк, 1974; Масюк, Бекаревич, 1978; Бакланов, 1984; Максимович, Горбунова, 1991; Зубова, 2000; Грицан, 2003; Зверковский, Тупика, 2001, 2003; Опанасенко, Халимедник, Костенко, 2003; Опанасенко, Ежов, Костенко, 2003; Зверковский, Довгалюк, 2012; Новицкий, Опанасенко, 2014).

Отвалы с сульфидсодержащими породами карьеров и шахт Донбасса, Кузбасса, Урала, Подмосковского бассейна, КМА, Алдана, Сихотэ-Алиня и других регионов СНГ являются наиболее сложными для биологического освоения. Серосодержащие породы широко распространены в отвалах горнодобывающей промышленности Англии, Венгрии, Китая, Румынии, Словакии, США (Савич, 1969; Соьер, Краук Джон, 1971; Бекаревич, Горбунов, Колбасин, 1974; Смит, 1974; Джонас, 1974; Адерихин, Решетов, 1984; Травлеев, Зверковский, Овчинников, 1989; Бекаревич, Масюк, Чабан, 1992; Бондарь, Додатко, Кабаненко, 1992; Лебедева, 1992; Махонина, 1992; Чевычелов, 1992; Шаталов, Ли Цзуньюй, 1992, Елпатьевская, 1995; Масюк, 2001; Биологическая рекультивация и мониторинг..., 2008).

В силу этих причин сульфидные горные породы по классификациям Н.И. Горбунова (1974), А.И. Савича (1974), Н.Е. Бекаревича, Н.Т. Масюка (1975) отнесены к непригодным для использования в сельском и лесном хозяйстве без их коренного улучшения (Горбунов и др., 1971; Савич, 1974; Адерихин, Усков, Дудкин, 1978; Бекаревич, 1984). Так, окисление дисульфидов железа при активном участии тионовых бактерий приводит к образованию серной кислоты и последствий вытекающих из этого. При незначительном содержании в породе щелочноземельных металлов развивается высокая обменная и активная кислотность (рН 3–2), разрушается кристаллическая решетка алюмосиликатов, возрастают подвижность и токсичные для растений концентрации алюминия, железа, марганца и других элементов (Савич, 1969; Зайцев, 1970; Адерихин и др., 1975; Баньковская, Максимович, 1989; Махонина, 2003).

Кроме этого такие классификации разрабатывались в европейских странах и США ранее – в 1950 – 1960-х гг. Классификация техногенных ландшафтов одной из первых была принята в Англии (Hall, 1957). В ее основу положены происхождение, свойства и хозяйственная значимость отвала. Учёные в Германии (Carson, Dixon, 1982; Knabe, 1959) предложили пятичленную классификацию вскрышных горных пород, которые различались по возможности их использования в лесном и сельском хозяйствах. Всю породу разделили на классы:

I–II – плодородные пригодные для сельского хозяйства; III – нетоксичные пески и глины – для лесовозобновления; IV – очень бедные, индифферентные – пригодные для лесной рекультивации; V – фитотоксичные породы. Подобную классификацию разработали в Чехословакии для вскрышных пород бурогоугольных разрезов (Stys, 1961). В Польше разработана классификация на различии происхождения техногенных ландшафтов (угольные, промышленные отвалы и т.д.)(Skavina, 1962). В последствии в эту классификацию были добавлены характеристики пород по физическим свойствам (гранулометрический состав) агрохимическим показателям (плодородие). В США разработана классификация (Smith et al., 1964) за основу которой взяты: кислотность породы, каменистость породы, кроме того, учитывается крутизна склона.

В СССР также были предложены несколько вариантов классификаций нарушенных территорий. Они подразделялись по видам нарушений, по пригодности пород или субстратов для использования в целях биологической рекультивации и по способам формирования техногенных ландшафтов (Тарчевский, 1970; Горбунов и др. 1971; Мильков, 1973; Колесников, Пикалова, 1970; Моторина, 1975; Федотов, 1978). Отметим, что вышеупомянутые классификации направлены на решение практических вопросов рекультивации. Они имели главным образом инвентаризационный характер. Такие классификации не позволяли изучить генетические и экологические особенности почвообразования. Почвы редко и с большими оговорками могли рассматриваться как объект исследования с позиции классического почвоведения.

Следует отметить, что уже в середине 1970-х гг. многие исследователи, наряду с разработкой практических рекомендаций по фитомелиорации, заметили, что формирующиеся в техногенных ландшафтах экосистемы являются удобными объектами для решения теоретических и практических проблем ряда биологических наук (Моторина, 1974; Етеревская, 1976; Базилевич, Титлянова 1974; Махонина, 1974; Шушуева, 1977). В них практически всегда известен «ноль-момент», начало формирования сукцессионных процессов в техногенной экосистеме. Поэтому такие экосистемы являются идеальными моделями для

изучения скорости и развития сингенетических сукцессий (Андроханов, Курачев, 2010).

Большие пространственные размеры (высота, площадь) отвалов способствуют интенсивному выветриванию твердых частиц, а наличие сульфидсодержащих компонентов и восстановленного железа в шахтной породе под воздействием абиогенных (атмосферных) и биогенных (тионовых, сульфатредуцирующих бактерий) агентов вызывают развивающиеся во времени химико-биологические процессы с выделением теплоты, газообразных веществ, образованием серной кислоты и сульфатов железа (Полынов, 1956; Ковда, 1972; Орлов, 1985; Савич, 1969, 1989; Бурыкин, 1985).

Эти процессы сопровождаются снижением рН до 2–3, увеличением обменной кислотности, подвижности алюминия и железа, образованием труднодоступных для растений фосфатов алюминия. Все это отрицательно влияет на растения и характеризует сульфидные породы как сложнейший объект для рекультивации. Ученые основное внимание уделяли изучению главного геохимического процесса гипергенеза таких пород – процессу окисления дисульфидов, сернокислого выветривания, развитию кислотного комплекса в целом и его влиянию на растения (Масюк, Бекаревич, 1978; Костенко, Опанасенко, 2005).

На практике большинство угледобывающих компаний во многих странах используют модель оптимизации фитотоксичных шахтных пород способом засыпки различными мелиорантами до 1,5 м с последующим нанесением на них плодородной почвы до 80 см. При селективной отсыпке испытываются и другие мелиоранты и плодородные ингредиенты: зола угля, битумы, биошlamы, известь, мел, синтетические вязущие, суперадсорбенты Terra-Serb, Skap, Biobert, Adrobiob, препараты биотехнологического синтеза. Все это предполагает добычу, перемещение и отсыпку 15–18 тыс. м³/га почво-грунтов что очень дорого, а порой и невозможно (Bruning, 1962; Illner, Lorenz, 1965; Ковда, 1972; Моторина, Овчинников, 1975; Stus et al., 1981; Адерихин, Решетов, 1984; Келеберда, Зубова, 1982; Бакланов, 1984; Певзнер, Костовецкий, 1990; Максимович, Горбунова, 1991;

Фан Лиеу, 1993; Опанасенко и др., 2000; Зубова, 2000; Зверковский, Грицан, Тупика, 2006; Андроханов, Курачев, 2010).

Широко испытывался способ землевания отвалов, при котором непосредственно на горную породу наносится слой плодородной почвы. Относительно норм землевания нет единого мнения, а их установление осуществляется, главным образом, методом «проб и ошибок».

Одни исследователи (Бекаревич и др., 1970; Шикуча, Етеревская, Другов, 1970) считают наиболее целесообразным отсыпать на поверхность отвалов слой почвы от 50 см и выше. По данным Л.М. Моториной, Г.А. Зайцева, А.И. Савича (1970) при сельскохозяйственной рекультивации фитотоксичных отвалов наносят 40-см слой чернозема на экранирующую прослойку суглинка толщиной 10–15 см. Н.Т. Масюк, П.П. Бабенко (1992) предлагают на породу отсыпать слой луговой почвы 50–100 см (Масюк, Бабенко, 1992).

На Курской магнитной аномалии проводились опыты по отсыпке на сульфидную породу 30–80-см слоя почвы (Дудкин, 1992). Через 18 лет нижняя часть почвы подкислилась сульфатными солями и деградировала, что отрицательно отразилось на корнях растений.

Предпринимались попытки улучшения свойств породных отвалов путем минимальных доз землевания (3–30 см), внесения удобрений, правильных севооборотов и других агротехнических приемов (Добровольский, Ефанов, 1969; Тарчевский, Шубин, 1962; Пикалова, 1974). Прием минимального землевания приводил не столько к увеличению запасов питательных веществ в техногенных субстратах, сколько способствовал интенсификации почвообразовательного процесса за счет инокуляции микроорганизмов, закреплению и всхожести семян растений. Однако землевание токсичных горных пород дало кратковременный эффект и со временем этот слой становился кислым и непригодным для растений.

Для повышения плодородия горных пород отвалов широко испытывались и другие мелиоранты. В Испании (Каталония) в породу шахтных отвалов вносилось по 250 и 6000 м³/га свиного навоза с добавлением соломы (Miguel Salazar et al., 2000).

В Германии применялись осадки сточных вод, отходы от производства бурого угля, компосты. Все эти ингредиенты разными нормами вносились в сульфидсодержащие шахтные породы на глубину 30 см, но перед этим породы были промелиорированы внесением золы бурого угля на метровую глубину. Внесение 25 т/га сухого вещества осадков сточных вод и 500 т/га компоста значительно увеличило содержание органического углерода и микроэлементов, повысило емкость катионного обмена (Haubold-Rossar, Katzur, 2000).

В другом опыте (Schaaf et al., 2000) сульфидсодержащие породы рекультивировались внесением золы лигнита на пахотную глубину, а затем вносились осадки сточных вод и минеральные удобрения на глубину 15 см, что существенно увеличило рост высаженной сосны.

В Рурском каменноугольном бассейне проводились опыты по выращиванию ольхи, березы, тополя, акации белой, клена, вяза, граба, липы на кислых третичных породах с применением извести и дали хороший результат (Семиколенных, 2010).

В бассейне Нидерлаузитц после химической мелиорации известью на глубину 1 м сульфидные породы успешно осваивались под лесонасаждения (Lorenz, Kopp, 1968).

Сотрудниками Днепропетровского сельскохозяйственного института, Днепропетровского национального университета, Донецкого ботанического сада, были проведены глубокие и системные исследования по рекультивации нарушенных земель. На значительных площадях техногенных ландшафтов выполнялись работы по созданию искусственных эдафотопов различной мощностью отсыпанного горизонта плодородного слоя почвы. Были разработаны технологии рекультивации со значительной хозяйственной и экологической эффективностью и дана оценка степени пригодности для биологической рекультивации пород, выносимых на дневную поверхность (Бекаревич, Масюк, Узбек, 1969; Рева, Бакланов, 1972; Масюк, 1976, 1990; Етеревская и др. 1975; Етеревская, Шкляр, 1976).

Исследованиями ученых Никитского ботанического сада установлено, что сульфидным породам присущи как отрицательные химические свойства, так и физические свойства (Костенко, 1999, Опанасенко и др., 2000; Опанасенко, 2001; Kostenko, Opanasenko, 2004; Костенко, Опанасенко, 2005; 2005а; Опанасенко и др., 2001, 2003, 2005, 2011; Костенко и др., 2008).

Таким образом, как показывает обзор литературы, работы по оптимизации нарушенных земель вначале преследовали сельскохозяйственные или лесохозяйственные цели. В последние годы уделяется внимание экологической составляющей. В настоящее время оптимизацию техногенных образований проводят комплексно, т.е. применительно к каждому объекту разрабатывается свой проект, в котором предусмотрены различные направления и технологии, которые позволяют создавать на нарушенных землях благоприятные условия (Андроханов, Курачев 2010; Плугатарь, Корженевский, 2014).

1.3 Физические свойства сульфидной горной породы

При изучении сульфидной горной породы, в большей степени обращали внимание неблагоприятные химические свойства и влияние этих свойств на растения (Масюк, 1990; Бекаревич, Масюк, Чабан, Забалуев, Мыщик, 2003). Учёными НБС-ННЦ установлен также целый негативных физических и водно-физических свойств: низкая водопроницаемость, высокая плотность сложения (Опанасенко, Халимедник, Костенко, 2003; Опанасенко, Халимедник, Костенко, Кайданович, 2004).

Вместе с тем доказано, что не только кислотность породы, ее обедненность гумусом, N, P, K, бесструктурность и низкая влагоемкость являются лимитирующими факторами. При изучении сульфидсодержащих элювиев в посттехногенной фазе эволюции установлены также недостаток мелкозема и ила в нем, ряд неблагоприятных других водно-физических свойств, высокая

солонцеватость и засоленность, низкая поглотительная способность (Опанасенко, и др., 2000; Опанасенко, 2001; Kostenko, Orpanasenko, 2004).

При исследовании серусодержащих шахтных отвалов больше внимания уделялось изучению химических свойств породы, гораздо меньше – физическим свойствам, в частности, структуре (Келеберда, Зубова, 1992).

Структура почвы – один из главнейших факторов ее плодородия. Только в структурной почве создаются оптимальные взаимоотношения различных режимов, сохраняется влага, происходят обменные процессы, интенсифицируется микробиологическая деятельность, происходит накопление органического вещества и питательных веществ (Гедройц, 1926; Качинский, 1958; Вадюнина, Корчагина, 1986; Медведев, 2008; Новицкий, 2013).

Изучение гранулометрического и структурно-агрегатного состава техногенных субстратов и молодых почв на оптимизированных шахтных отвалах сульфидных горных пород детальными исследованиями не проводилось. В монографии В.А. Андроханова и В.М. Курачева (2010) приведен структурный состав лишь нетоксичных вскрышных горных потенциально плодородных пород Кузбасса.

Изучение структурного состава на нетоксичных породах отвалов отмечено, что в верхнем обогащенном органическим веществом слое мелкозем в агрегатах склеен гумусовой плазмой. В образцах из иллювиальных горизонтов большее участие в агрегировании принимают глинистые минералы, окислы железа и алюминия. Отмечено что 20-летняя почва на нетоксичных отвалах характеризовалась непрочной мелкокомковатой структурой (Накаряков, Трофимов, 1979; Таранов и др., 1979).

Для молодых почв на нетоксичных породах отвалов КАТЭКа П.А. Тарасов (1989) определил такие показатели их оструктуренности: $K_{стр}$ 1–3, $K_{впр}$ 0,2–0,5, тогда как для темно-серой лесной почвы коэффициенты структурности и водопрочности соответственно были 4–13 и 0,7–0,9.

На Западногм Донбассе А.Н. Масюк (1990) приводил лишь морфологическое описание структурного состояния почвенной массы в

полуметровом слое на плоском отвале. В доступной нам литературе количественных показателей техногенных субстратов и молодых почв на сульфидных горных шахтных отвалах Западного Донбасса нет.

Важность определения структуры и слабая ее изученность в различных субстратах и почвенных образованиях техногенных ландшафтов указывают на необходимость вкратце рассмотреть сведения о факторах и механизмах структурообразования, о структурности почв и способах оценки их структурного состояния. Только такие сведения позволяют нам объективно интерпретировать полученные результаты структурно-агрегатного состава сульфидных пород, техногенных субстратов и молодых почв шахтных отвалов.

Представления о факторах и механизмах образования структуры почв достаточно широко освещались в литературе. В разные годы важнейшую, активную роль в структурообразовании зональных почв отводили органическому веществу, глине, илу, ионам кальция (Вильямс, 1940; Костычев, 1951; Вершинин, 1958). Следует особо отметить основополагающие работы А.Н. Соколовского (1971) о роли кальция как стража почвенной структуры и ее ухудшения при малом количестве Ca^{2+} , К.К. Гедройца (1926) и других ученых (Гапон, 1937; Качинский, 1947; Колоскова, Щукина, 1961) показавших, что агрегирование почвенных частиц обуславливается коагуляцией коллоидов под влиянием электролитов и свертывание органического вещества происходит под действием ионов кальция и железа.

В литературе детально описаны процессы агрегирования гранулометрических частиц под влиянием органического вещества, катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} , гидроокислов железа и алюминия. Отмечено, что агрегирование гранулометрических частиц нередко имеет место уже в материнских породах, хотя генезис их агрегатов иной, чем в гумусированных слоях – крошение глыб на отдельности (комочки) (Тюлин, 1954, 1958).

По данным ряда авторов агрегирование почвенных частиц происходит, когда гуминовая кислота полярно сорбирована на внутренних поверхностях минералов типа монтмориллонита и при этом склеивающее органическое

вещество адсорбировано на поверхности частиц ионными группами гидратов окисей железа и алюминия и отчасти щелочноземельными катионами. Агрегированию также способствует кристаллизация аморфных полуторных окислов (Антипов-Каратаев и др., 1948; Горбунов, Ерохина, Щурина, 1971).

Водоустойчивые агрегаты образуются под действием ряда факторов, среди которых ведущее место принадлежит количеству и качеству перегнойных веществ почвы, качественному составу минералов и обменных оснований черноземных почв (Хан, 1957, 1959).

В последние годы значительные исследования структуры почв проведены В.В. Медведевым (2008). Ученым широко освещен генезис структуры почв и, в частности, теория, закономерности вовлечения механических элементов в микро- и макроагрегаты, формирование структуры в зависимости от гранулометрического состава; показана роль органического вещества в образовании структуры, а также рассмотрены этапы и механизмы агрегации почвенных отдельностей.

Согласно В.В. Медведеву (2008) и другим ученым, мы под структурностью понимаем способность почвы крошиться (распадаться) на отдельности и в равной мере принимается, что структурность – это и способность почвы образовывать структурные отдельности из механических элементов и микроагрегатов. Нельзя не согласиться, что структура (Медведев, 2008) – это определенный внутригоризонтный уровень организации почвенного тела, отражающий особенности почвообразования в данной местности. Этот уровень характеризуется размером, формой, плотностью укладки структурных единиц, внешними и внутренними свойствами.

В.В. Медведев (2008), как и ученые МГУ (Теории и методы физики почв..., 2007), отмечает, что механизмы образования агрегатов из элементарных почвенных частиц пока гипотетичны. Существующие теории конденсации, склеивания, цементации, капиллярная не в состоянии в полной мере раскрыть сложную природу формирования водоустойчивого, механически прочного и пористого агрегата.

В литературе достаточно хорошо освещены многие вопросы, связанные с физическими свойствами вскрышных пород с мест добычи различных полезных ископаемых. О тех же свойствах сульфидной горной породы имеются лишь единичные упоминания в литературе, которые не дают полной картины всех процессов происходящего в ней с течением времени. Физические свойства сульфидной горной породы шахт Западного-Донбасса и изменения этих свойств со временем более полно представлены в работах ученых Никитского сада (Новицкий, 2011, 2013).

1.4 Физико-химические и химические свойства сульфидной горной породы

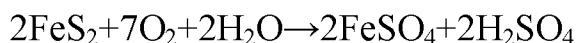
Сульфидсодержащие шахтные и вскрышные породы отвалов описаны в литературе как углистые и глинистые сланцы, алевриты, алевролиты, аргиллиты, песчаники. Все они характеризуются высоким содержанием минералов пирита или марказита (FeS_2), троилита (FeS), халькопирита (FeCuS). Содержание пирита может колебаться от 1 до 2,5% и выше и он концентрируется в стяжениях и конкрециях. Содержание общей серы в отвалах колеблется от 0,01% до 10,9%. В составе общей серы преобладает сера сульфидная (84%) (Горбунов и др., 1976; Зверковский, 1998; Соколов, Качурин, Мелехова, 2010). Следует отметить, что наряду с обычными для почвообразующих пород алюмосиликатами, безводные силикаты алюминия в метаморфизированных глинистых сланцах широко представлены редкими для почв минералами силлиманитом и дистеном или кианитом (Al_2SiO_5 с различными формами кристаллизации). С терриконовыми породами на поверхность выносится редкий для биосферы минерал меллит ($\text{Al}_2\text{C}_{12}\text{O}_{12} \cdot \text{H}_2\text{O}$ – медово-желтая алюминиевая соль метилловой кислоты) – свидетель образования в природной обстановке соединений алюминия с органическим веществом. Немаловажно также, что такие породы отвалов бедны кальцием, что является одной из причин интенсивного развития фитотоксичного

комплекса кислотности (Бекаревич, Горбунов, Колбасин, 1974; Ижевская, Савич, Чеклина, 1974; Бурыкин, 1985; Дудкин, Савич, 1989; Келеберда, Зубова, 1992; Панас, 1998).

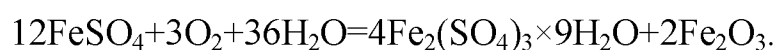
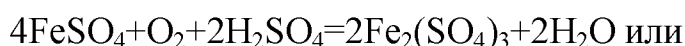
При выносе породы в отвалы дисульфиды железа, находившиеся в сланцах в восстановленной, закисной форме, в процессе выветривания и почвообразовании подвергаются интенсивному химико-микробиологическому окислению с образованием серной кислоты и гидролизующихся сульфатов железа. В аэробных условиях в окислении участвуют различные группы тионовых и серобактерий (Рубенчик, 1947).

Элементарная сера появляется в субстрате как промежуточный продукт окисления сульфидов железа. Ее окисление протекает ступенчато, но конечным продуктом является серная кислота или сульфаты: $S \rightarrow S_2O_3^{2-}$ (тиосульфат) $\rightarrow S_4O_6^{2-}$ (тетратионат) $\rightarrow SO_3^{2-}$ (сульфит) $\rightarrow SO_4^{2-}$ (сульфат).

Окисление пирита кислородом воздуха под воздействием тионовых бактерий приводит к накоплению серной кислоты по реакции:



Сульфаты железа с помощью бактерий *Thiobacillus ferrooxidans* и *Thiobacillus thiooxidans* окисляются дальше по реакциям:



Серная кислота сильный химический реагент, благодаря которой происходит выветривание горных пород. Она разрушает кристаллические решетки минералов, образуя сернокислые соли, поступающие в дальнейший геохимический поток (Соколов, Качурин, Мелехова, 2010).

Скорость окислительных процессов в серосодержащих породах определяется целым рядом факторов: гранулометрическим составом породы, количеством и степенью дисперсности минералов сульфидной серы (пиритов), биохимической активностью тиобактерий, гидротермическим режимом территории отвалов, временем года (Дудкин, Савич, 1989).

Интенсификация окисления сульфидных минералов за счет биохимической активности тионовых бактерий была доказана установлением скачкообразного увеличения их численности в начальный период окисления, широким распространением бактерий во всех окисляющихся породах, значительным снижением скорости окислительного процесса (в 2–3 раза) в условиях, исключающих микробиологическую деятельность (Савич, 1969; Соколова, Каравайко, 1964; Бекаревич, Горбунов, Колбасин, 1974; Адерихин, Дудкин, Михайлова, Усков, 1986; Шлегель, 1987; Дудкин, Савич, 1989; Зонн, Травлеев, 1992; Келеберда, Зубова, 1992; Масюк, 1992; Елпатьевская 1995).

Скорость окислительного процесса выше в породах легкого гранулометрического состава, особенно в теплый период года, в глинах окисление замедляется, а в зимний период приостанавливается.

Степень увлажнения определяет направленность окислительно-восстановительных процессов, кислотности субстратов. Для окисления пиритов благоприятно увлажнение 60% от наименьшей влагоемкости, а при влажности субстратов более 80% их наименьшей влагоемкости начинают преобладать восстановительные процессы (Дудкин, Савич, 1989).

Окисление пиритов и других серосодержащих пород со временем прогрессирует, что сопровождается закономерным и непрерывным увеличением кислотности субстратов (рН водной и солевой вытяжки достигает 3–4, а иногда 1–2), возрастанием концентрации подвижных форм алюминия (до 190–200 мг на 100 г породы). При повышенном содержании в субстратах и почвах подвижного алюминия образуются труднорастворимые фосфаты алюминия, фосфор которых малодоступен растениям. В этих случаях наблюдается резкое ухудшение развития корневой системы растений, ухудшается углеводный, азотный и фосфатный обмен в растениях, а высокие концентрации подвижного алюминия (более 2 мг/л, 18 мг на 100 г почвы) вызывают даже их гибель. В кислых субстратах и почвах понижается доступность молибдена и повышается растворимость соединений железа (до 600 мг на 100 г субстрата), марганца, бора, меди, цинка. Недостаток первого и избыток последних элементов снижает продуктивность растений

(Горбунов и др., 1976; Бурыкин, 1985; Дудкин, Савич, 1989; Келеберда, Зубова, 1992; Панас, 1998).

Все процессы в сульфидной горной породе сопровождаются закономерным увеличением обменной кислотности, возрастанием подвижности алюминия, молибдена, повышением растворимости соединений железа, марганца, бора, меди, цинка. Все это отрицательно сказывается на растениях.

Наиболее важной функцией железа считается его участие в дыхании и фотосинтезе. Железо влияет на многие процессы синтеза и превращения органического вещества, поскольку оно входит в состав некоторых важных ферментов. Железо также активизирует многие ферменты в растениях (Каталымов, 1960; Бойченко, 1962).

При недостаточном питании растений железом увеличивается содержание аминокислот и уменьшается содержание растворимых белков, сахаров и полифенолов (Pjin, 1952). С.В. Зонн (1982) отмечал, что вопрос токсичности железа разработан недостаточно. Нормы токсичного влияния различных форм железа на растения не выявлены. Так, при содержании в иле более 30% общего железа ухудшаются физические свойства, теряется противоэрозионная устойчивость почв и проявляется острый недостаток подвижных питательных соединений, что сказывается на росте и качестве конечной продукции растений.

Можно считать, что недостаток и избыток водорастворимых соединений обуславливают различные формы угнетения растений, так как железо играет важную роль в процессах метаболизма. Вместе с тем остается неясной роль различных форм свободного окисного и гидроокисного железа, поскольку они непосредственно растениями не потребляются. Предполагается, что чем менее окристаллизовано железо, тем относительно меньше энергии будут затрачивать растения на его восстановление; при преобладании сильноокристаллизованных форм их восстановление будет более медленным и возможно недостаточным для растений (Зонн, 1982).

Роль алюминия в физиологии растений изучена недостаточно. Повышенные концентрации алюминия в растворе негативно сказываются на росте и развитии растений (Соколова, Толпешта, Трофимов, 2007).

Алюминий по разному влияет на растения, поэтому определение токсичных концентраций проводят отдельно для разных видов растений (Adams, Hethcock, 1984; Goransson, Eldhuset, 1991; Delhaize, Ryan, 1995).

Доказано, что эктомикоризные грибы повышают устойчивость растений к токсичному воздействию алюминия. Растения могут увеличить реакцию почвенной среды в ризосфере, что происходит, когда из раствора, содержащего NO_3^- и NH_4^+ , корни преимущественно поглощают нитрат-ион. Вследствие этого рН в ризосфере повышается, алюминий осаждается и не может проникнуть в корень (Sposito, 1996).

Некоторые авторы считают, что у высших растений есть внутренние механизмы, определяющие их устойчивость к алюминию. При проникновении алюминия в цитоплазму, в ней он может образовать комплексы с органическими кислотами, протеинами и другими органическими лигандами, синтезируемыми клеткой, и обособливаться в вакуолях (Delhaize, Ryan, 1995).

При выветривании горной породы в почвенный раствор поступают и другие легкорастворимые соли, концентрации которых могут превышать допустимые для растений нормы.

Исследования на алевритах Курской магнитной аномалии показали, что через 2 года после выноса породы на поверхность кислотность раствора нарастает, к 10 годам достигает своего максимума, а через 15–18 лет сульфиды в 100 см слое почти полностью окисляются. Установлено также, что за сутки в слое активного окисления разрушается 3–5 мг/ FeS_2 на 100 г породы, а фронтальное окисление смещается вниз только после того, как в предыдущем слое окислилось не менее 70% сульфидов. Наряду с окислением сульфидов идет миграция образующихся сульфатов (и других солей) вниз по профилю под воздействием осадков, что позволяет говорить о начальных стадиях опреснения или

самомелиорации путем естественного промывания породы (Савич, 1969; Адерихин, Дудкин, Михайлова, 1986; Дудкин, 1992).

Вполне понятно, что чем больше выпадает осадков и лучше дренированность отвала, тем меньше содержание серы в породах. Но, несмотря на вымывание серной кислоты и ее солей (и других солей) в нижнюю часть профиля, фитотоксичность пород поверхностного слоя отвалов в течение десятилетий сохраняется на высоком уровне, поскольку катионы H^+ , Al^{3+} , а, возможно, и Fe^{3+} , удерживаются в почвенном поглощающем комплексе (ППК) (Dold, Fontbote, Wildi, 1999; Gast, Schaaf, Wilden, Scheider, Hüttl, 2001; Zhang, Luo Sh, 2002).

Анализ научной литературы по серосодержащим отвалам показал, что их свойства, режимы и экологические функции имеют четко выраженную региональную и индивидуальную специфику, и в отдельных регионах остаются малоизученными.

Сульфидсодержащие шахтные горные породы при выносе на дневную поверхность подвергаются нарастающему во времени химико-биологическому окислению с образованием серной кислоты и гидролизующихся сульфатов железа.

Эти процессы сопровождаются закономерным увеличением обменной кислотности, возрастанием подвижности алюминия, молибдена, повышением растворимости соединений железа, марганца, бора, меди, цинка. Все это отрицательно сказывается на растениях и характеризует сульфидсодержащие породы как сложнейший объект для рекультивации на этапе горно-технических работ и на этапе биологического освоения.

РАЗДЕЛ 2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Описание эксперимента и схема проведения опыта

Исследования проводили с 2010 по 2018 гг. на стационарных опытно-производственных участках на вершине трапециевидного отвала, рекультивированного рельефоформирующим способом ($S = 0,8$ га), закрывающейся шахты «Першотравнева» (рисунок 2.1, г. Першотравенск Павлоградского района Днепропетровской области). На вершине отвала последовательной отсыпкой куч шахтной породы автомашинами был сформирован бугристо-западинный мезорельеф (нанорельеф).

При изучении автогенной сукцессии были определены: динамика видового состава фитоценозов, сопряженность видов с условиями местообитания, экологическая толерантность, систематическая структуры нативной части видов, географическая (ареалогическая) структура, основные жизненные формы (биоморфы), структура корневой системы растений.

Сопряженность особей видов растений с условиями местообитаний оценивается с помощью экологических шкал Л.Г. Раменского, Х. Элленберга. В основе способа оценки местообитания – элементарная концепция динамической аутэкологии, которая включает следующие положения: 1) каждый вид растений имеет свою, только ему присущую экологическую нишу; 2) существует вероятностное соответствие между видами и градиентами факторов среды; 3) наличие особей вида дает информацию об экологии местообитания.

Для определения экологической толерантности растений использованы 100-балльные шкалы экологических факторов базы данных «Экодата», созданной в лаборатории флоры и растительности Никитского ботанического сада (Корженевский, 1990, 1999). Данная база содержит унифицированную информацию о размещении видов вдоль градиентов факторов-условий и факторов-



Рисунок 2.1 – Шахтный сульфидсодержащий отвал и территория шахты Першотравнева.

Космический снимок с сайта «Google Maps»

ресурсов. Точку оптимума и реализованный фрагмент градиента на нем определяли для ведущих факторов-условий и факторов ресурсов (освещенность – затенение; терморезжим, аридность – гумидность (омброрезжим), криорезжим, континентальность, увлажнение, переменность увлажнения, кислотность субстрата, солевой режим (анионный состав), содержание карбонатов, содержание азота, содержание гумуса, гранулометрический (механический) состав субстрата).

Для определения жизненных форм нами использована система Раункиера (Raunkiaer, 1937), в которой эти формы сведены к пяти основным группам:

1. Фанерофиты. Почки возобновления находятся на значительной высоте над поверхностью почвы. Сюда главным образом относятся деревья и кустарники. Удаленное от поверхности положение почек означает возможность их открытой перезимовки без защиты каких-либо приспособлений.

2. Хамефиты. Почки возобновления расположены на расстоянии не более 0,25 м над поверхностью почвы и в неблагоприятный период зимуют под покровом снега. Среди хамефитов есть кустарнички с вечнозелеными или опадающими листьями, а также полукустарнички, у которых в неблагоприятный период отмирают не только листья, но и части побегов.

3. Гемикриптофиты. Почки возобновления лежат на уровне поверхности почвы, где они относительно защищены самой почвой и отдельными частями растения. Морфологически эта группа довольно разнообразна и представлена в основном травянистыми многолетниками.

4. Криптофиты. На зиму надземные части отмирают, но почки возобновления сохраняются в почве (геофиты) или под водой (гидрофиты). Соответственно характеру подземных органов различают луковичные геофиты, клубневые, корневищные, корневые. Углубление в почву наиболее уязвимых частей является весьма эффективной защитой как от холодного, так и от засушливого периода.

5. Терофиты. Однолетние растения, которые переживают неблагоприятное время года в виде семян. Важнейшая адаптивная черта этой

жизненной формы – способность в сжатые сроки проходить полный цикл развития, зачастую весьма краткий.

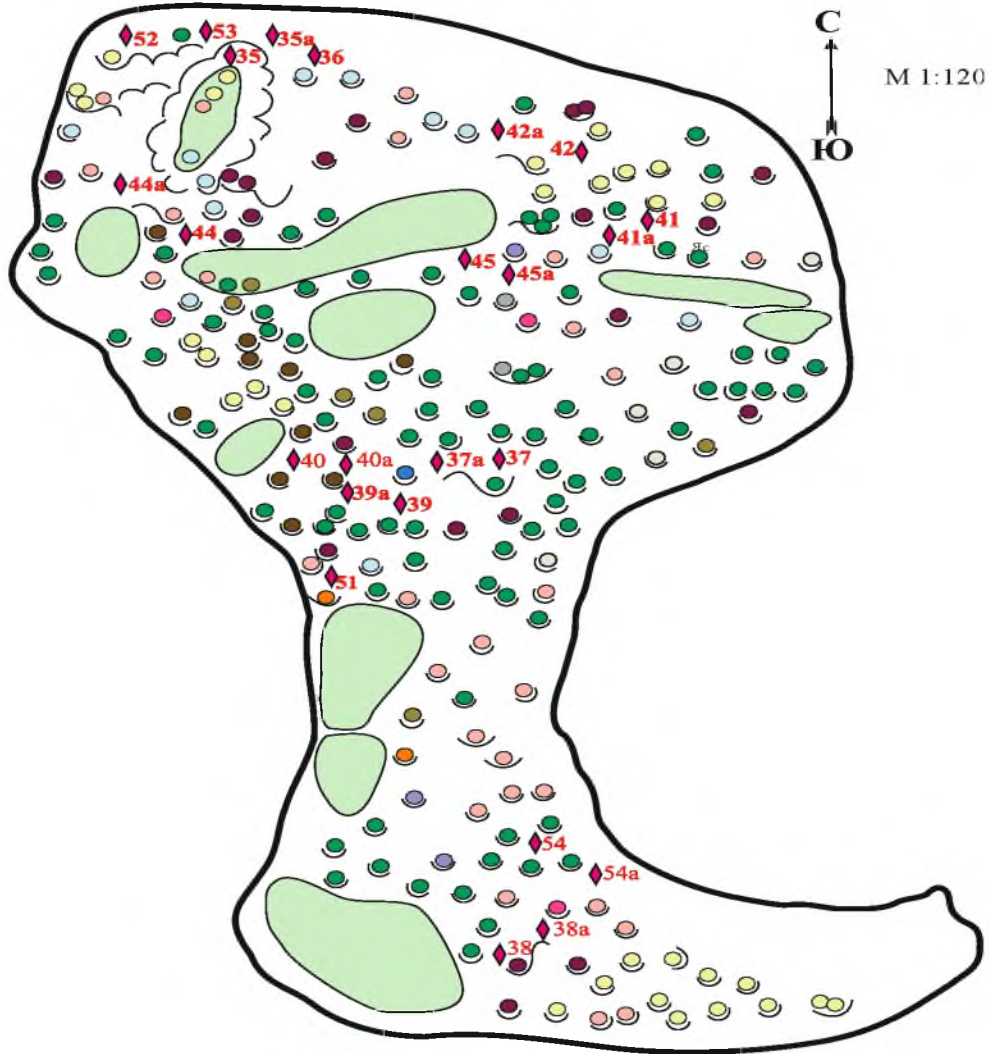
Для изучения особенностей формирования молодых эмбриоземов на отвалах изучали их физические, физико-химические и химические свойства и агрохимические показатели в межбугорных понижениях под искусственными и естественными фитоценозами. Контролем служила сульфидная горная порода, отобранная с незаросших вершин, или склоны бугров.

В исследования включены 20–22-летние молодые почвы межбугорных понижений (эмбриоземы). В работе нами применялась классификация техногенных ландшафтов, предложенная И.М. Ганджиевым и В.М. Курачевым (Экология и рекультивация..., 1992) в модификации В.М. Курачева и В.А. Андроханова (Курачев, Андроханов, 2002). По этой классификации на отвале выделены эмбриоземы инициальные, эмбриоземы органо-аккумулятивные и эмбриоземы дерновые.

Площадь межбугорных понижений на шахте «Першотравнева» составляла от 3,5 до 10 м². Проектное покрытие естественной растительности в межбугорных понижениях было 30–95%.

Был заложен опыт по созданию искусственных фитоценозов в межбугорных понижениях (рисунок 2.2). Посадка растений выполнена в 2000–2005 гг. рендомным способом.

Подбор видов осуществлялся по двум направлениям: присутствие в природных фитоценозах исследуемого района и приспособленность к климатическим условиям района. Известно, что климат определяет потенциальный ареал произрастания пригодных для рекультивации древесно-кустарниковых растений в данном регионе. На этом этапе исследований из всего многообразия элементов климата устанавливались или уточнялись те климатические показатели-регуляторы, которые непосредственно влияли на рост и долговечность деревьев и кустарников, определяли подбор видов. Гидротермический коэффициент (ГТК) рассчитывали по Селянинову (Важов, 1977).



Условные обозначения:

- | | |
|--|--|
| ○ (with horizontal line) - межбугорное понижение; | ○ (light blue) - Сн - снежногодник белый; |
| — (black line) - вершина бугра; | ○ (yellow) - Р - робиния лжеакация; |
| ◆ 41 - место и номер почвенного разреза | ○ (pink) - Ш - роза собачья; |
| ○ (green) - заросшие травой транзитные межбугорные понижения | ○ (blue) - Яс - ясень зелёный; |
| ○ (orange) - Аб - абрикос обыкновенный; | ○ (purple) - С - сирень обыкновенная; |
| ○ (olive) - Гр - груша обыкновенная; | ○ (green) - Я - яблоня домашняя; |
| ○ (dark green) - Д - дуб черешчатый; | ○ (yellow-green) - Ф - форзиция промежуточная; |
| ○ (pink) - Т - тамарикс четырёхтычинковый; | ○ (white) - Гл - гледичия трёхколочковая; |
| ○ (dark purple) - Кл - клён татарский; | ○ (grey) - Л - лох серебристый. |

Рис. 2.2 – План опытно-производственного участка ($S = 0,8$ га) древесно-кустарниковых декоративных насаждений на вершине трапецевидного отвала, рекультивированного рельефоформирующим способом.

ПСП «Шахта «Першотравнева», 2010–2012 гг.

Было высажено 17 видов растений: *Pinus nigra subsp. Pallasiana* (Lamb.) Holmboe, *Juniperus sabina* L., *Juniperus virginiana* L., *Platycladus orientalis* (L.) Franco, *Sumphoricarpus albus* (L.), *Robinia pseudoacacia* L., *Buddleja davidii* Franch., *Spiraea*×*vanhouttei* (Briot) Carriere), *Ligustrum vulgare* L., *Gleditsia triacanthos* L., *Quercus robur* L., *Acer platanoides* L., *Fraxinus lanceolata* Borkh., *Elaeagnus angustifolia* L., *Syringa vulgaris* L., *Forsythia*×*intermedia* Zabel, *Tamarix tetrandra* Pall. ex M.Bieb.

Для изучения особенностей формирования техногенных субстратов на плоских отвалах изучали их физические, физико-химические и химические свойства и агрохимические показатели под искусственными фитоценозами. Контролем служила сульфидная горная порода.

Исследования проводили на плоском отвале сульфидной горной породы на ПСП «Шахта «Павлоградская» ПАО «ДТЭК Павлоградуголь» (S = 0,15 га).

Опытно-производственный участок декоративных древесно-кустарниковых растений на плоском отвале по долине реки Самары был рекультивирован в 1999 г. малозатратным физико-химическим способом НБС-ННЦ. В исследования включены 3 варианта опыта: 1) сульфидная горная порода – ГП (контроль); 2) окарбонированная сульфидная горная порода с внесением и запахиванием на глубину 20 см древесных опилок – ДО (ГП+КС+ДО); 3) окарбонированная горная порода с внесением и запахиванием осадков хозяйственных стоков – ОХС (ГП+КС+ОХС). Отметим, что опилки, и осадки хозяйственных стоков на окарбонированную горную породу отсыпались слоем 5 см. Норма отсыпки карбонатного желто-бурого лессовидного суглинка рассчитывалась по содержанию Ca^{2+} в суглинке и S валовой в сульфидной породе. В среднем на 1 га вносилось 800–1000 т суглинка. На этом участке заложено 9 разрезов и отобрано 13 образцов породы и субстратов для лабораторных исследований.

На всех вариантах опыта были высажены следующие древесные и кустарниковые растения: *Gleditsia triacanthos* L, *Tamarix tetrandra* Pall. ex M.Bieb., *Symphoricarpus albus* (L.) S.F.Blake, *Elaeagnus commutata* Bernh. ex Rydb., *Catalpa bignonioides* Walter, *Spiraea vanhouttei* (Briot) Zabel, *Pyracantha crenulata* (Roxb.

Ex D. Don) M. Roem., *Pinus nigra subsp. Pallasiana* (Lamb.) Holmboe, *Acer platanoides* L. Все указанные растения высажены на всех вариантах по 5 экземпляров каждого вида. На контрольном варианте в момент исследований все растения погибли.

2.2 Методы исследований

При полевых и лабораторных исследованиях молодых почв и горной породы использованы принятые в почвоведении ГОСТы, ДСТУ и методики. При отборе проб сульфидной горной породы, эмбриоземов и проведения лабораторных работ учтены стандарты ГОСТ 12071-2000 «Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов».

На вершине отвала шахты «Першотравнева» было заложено 32 разреза на глубину до 60 см и отобрано 96 образцов. Образцы породы и молодой почвы из разрезов отбирали для анализов по слоям 0–20, 20–40 и 40–60 см.

Образцы на влажность и N, P, K отбирали в апреле, августе и октябре с 2010 по 2012 гг. Были определены запасы продуктивной влаги и питательных веществ. Разрезы закладывали таким образом, чтобы охватить исследованиями весь участок.

Гранулометрический состав мелкозема определяли методом пипетки пирофосфатным способом и микроагрегатный – по Качинскому (ГОСТ 12536-2014; Качинский, 1958, 1947), макроагрегатный состав почв – по Саввинову (ГОСТ 12536-79; Вадюнина, Корчагина, 1986), объемную массу мелкозема отбирали цилиндром по Н.А. Качинскому (ГОСТ 5180-84), общую пористость определяли расчетным методом (Вадюнина, Корчагина, 1986).

Водопроницаемость и наименьшую влагоемкость почв определяли методом рам (Вадюнина, Корчагина, 1986), максимальную гигроскопичность – по Николаеву (ГОСТ 5180-75; Роде, 1969), коэффициент водопрочности рассчитывали по суммарной внешней поверхности агрегатов (Агрофизические

методы..., 1966), водоустойчивость структуры – по И.В. Кузнецовой (Кузнецова, 1967), критерий водопрочности – по критерию АФИ (Медведев, 2008), степень агрегированности – по Бэйверу (Теории и методы физики почв, 2007), фактор дисперсности – по Н.А. Качинскому (Качинский, 1958).

Извлечение органического вещества проводили по методике М.М. Кононовой и Н.П. Бельчиковой (Кононова, Бельчикова, 1961) раствором смеси пиррофосфата и гидроксида натрия. По нашему мнению, из-за высокого содержания угля в породе указанный метод является единственным надежным способом идентификации собственно гумусовых веществ на подобных объектах.

Сумму поглощенных оснований определяли по ГОСТу 27821-88, нитратный азот – методом ионселективных электродов (ГОСТ 26951-86; Агрехимические методы..., 1975), подвижный фосфор и обменный калий – по Мачигину (ГОСТ 206205-91; Александрова, 1986), легкорастворимые соли в водной вытяжке – по Е.В. Аринушкиной (Аринушкина, 1970), общие карбонаты кальция – газовольметрическим методом определения углекислоты карбонатов (по объему CO_2) (Петербургский, 1963), рН водной суспензии – потенциометрически (ГОСТ 26483-85; Аринушкина, 1970), серу общую и сульфатную – по ГОСТу 8606-72 (смесью Эшка) (Угли бурые..., 1972), марганец и железо – на атомно-абсорбционном спектрометре С-115 ПКС фирмы «Selmi» (Украина) (ГОСТ 7876-2000 и 7835-2000 соответственно). Гидролитическую кислотность определяли по Каппену рН-метрическим методом в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26212-91), подвижный алюминий и обменную кислотность – по Соколову (ГОСТ 26483-85; Агрехимические методы исследования почв..., 1975).

С целью определения накопления тяжелых металлов растениями изучали содержание микроэлементов в эмбриоземе и в надземной части растений естественных фитоценозов с использованием дифракционного спектрографа СТЭ-1 с приставкой УСА-6. Сертификат качества лаборатории спектрального анализа Крымской геологической экспедиции объединения «Крымгеология» – УГ №0004729.

Перспективность выращивания 17 видов древесно-кустарниковых растений, используемых в опыте по созданию искусственных фитоценозов на сульфидных отвалах, оценивали по общему состоянию (высота, окружность штамба ствола), декоративности по 4-х балльной шкале (Котелова, Виноградова, 1974) и по развитию корневой системы (метод «среза» Колесникова (Колесников, 1972).

Статистическая обработка экспериментальных данных проведена с использованием статистического пакета Statistica 6.0 и MS Excel.

РАЗДЕЛ 3 ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ РЕГИОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Климат района и погодные условия в период проведения исследований

Павлоградский административный район Днепропетровской области расположен в ее восточной части и занимает площадь 1450 км².

Климат характеризуется как умеренно-континентальный. В соответствии с общепринятой системой агроклиматического районирования (Лазаренко, 1995), район относится к центральной умеренной засушливой агроклиматической зоне северной степи Украины. По литературным данным (Белова, Травлеев, 1999), в этом районе в среднем выпадает 514 мм осадков в год. Среднегодовая температура воздуха 8,4°C. В среднем многолетнем выводе, за год накапливается 3030° активных (выше 10° С) температур. В разные годы эта сумма изменяется от 2336° до 3723°.

Средняя за три года исследований (2010–2012 гг.) температура была равна 8,9°C (таблица 3.1.1), что близко к многолетним данным, указанным в литературе (Белова, Травлеев, 1999). В 2010 г. самым холодным месяцам был январь, в 2011 и 2012 гг. – февраль. Минимальная температура воздуха опускалась до –27,6°C (в феврале 2012 г.). Самые жаркие месяцы в этом районе – июль и август. Максимальная температура в период исследования зафиксирована в августе 2010 г. и составила 39,8°C.

Среднегодовая температура воздуха в 2010 г. была 8,2°C. Самый холодный месяц – январь, со средним значением температуры воздуха –7,0°C и минимальным –26,0°C в третьей декаде. Самым жарким месяцем в этом году был август: средняя температура 25,2°C, максимальная (39,8°C) отмечена в первой декаде. Сумма температур выше +10°C составила 3451°. Годовое количество осадков равнялось 543,3 мм, а за вегетационный период с апреля по октябрь составило 356,4 мм. За вегетационный период выпало почти 66% годовой суммы

осадков, больше всего в мае – 87,3 мм, меньше всего в августе – 7,7 мм. ГТК Селянинова за теплый период года 0,84 (таблица 3.1).

В 2011 г. среднегодовая температура воздуха была 8,6°C. Самый холодный месяц – февраль, со средним значением температуры воздуха –7,6°C, минимальная температура воздуха –26,6°C отмечена в третьей декаде января. Самым жарким месяцем в году был июль, среднемесячная температура составила 24,0°C, максимум 37,0°C зарегистрирован в третьей декаде. Сумма температур выше +10°C была 3277°. Годовое количество осадков равнялось 418,3 мм, а за период с апреля по октябрь составило 292,1 мм. За указанные семь месяцев выпало почти 70% годовой суммы осадков, больше всего в июне – 132,9 мм, а меньше всего в августе – 3,4 мм. ГТК Селянинова за теплый период (апрель – октябрь) 0,55 (таблица 3.1).

В 2012 г. среднегодовая температура воздуха была выше, чем в предыдущие два года: 10,0°C. Самый холодный месяц – февраль, со средним значением температуры воздуха –9,4°C и минимальным –27,6°C, зарегистрированным в начале второй декады февраля. Наиболее жарким месяцем в этом году стал июль, среднемесячная температура 25,1°C, но максимум отмечен в середине второй декады июня (36,6°C). Сумма температур выше +10°C составила 3898°. Годовое количество осадков 563,3 мм, а за период с апреля по октябрь 360,3 мм. За вегетационный период выпало почти 64% годовой суммы осадков, больше всего в августе – 147,9 мм, меньше всего в апреле – 18,3 мм. ГТК Селянинова за период апрель – октябрь был равен 0,87 (таблица 3.1).

Рост и развитие растений определяется агроклиматическими ресурсами, а именно суммой температур воздуха за период вегетации и степени увлажненности. Увлажненность можно характеризовать через соотношение тепла (сумма температур) и влаги (сумма осадков). Количественно это соотношение можно выразить разными коэффициентами. В своем исследовании мы использовали гидротермический коэффициент (ГТК) Селянинова (Важов, 1977).

Таблица 3.1 – Метеорологические показатели за годы исследований (2010–2012 гг.)

Период	Температура воздуха, °С			Сумма осадков, мм	ГТК Селянинова
	средняя	максимум	минимум		
2010 г.					
Январь	-7,0	6,9	-26,0	45,7	не определяли
Февраль	-2,0	6,6	-14,4	42,8	не определяли
Март	2,2	18,1	-8,3	14,3	не определяли
Апрель	10,3	22,6	-0,5	34,4	0,89
Май	17,2	29,4	5,6	87,3	1,64
Июнь	22,5	35,5	8,9	41,7	0,60
Июль	25,0	37,0	15,5	82,9	1,07
Август	25,2	39,8	8,5	7,7	0,09
Сентябрь	16,3	31,5	2,1	38,1	0,77
Октябрь	6,2	16,6	-4,7	64,3	не определяли
Ноябрь	8,4	22,1	-5,0	25,8	не определяли
Декабрь	-0,1	11,5	-9,2	58,3	не определяли
Год	8,2	39,8	-26,0	543,3	
2011 г.					
Январь	-6,7	2,6	-26,3	39,7	не определяли
Февраль	-7,6	5,0	-22,8	20,3	не определяли
Март	0,1	15,3	-21,5	28,9	не определяли
Апрель	8,7	24,2	-1,8	29,6	не определяли
Май	17,3	30,1	3,2	16,1	0,30
Июнь	20,9	31,7	9,9	132,9	1,32
Июль	24,0	37,0	12,4	61,3	0,82
Август	20,9	35,5	6,6	3,4	0,05
Сентябрь	15,5	31,4	2,0	16,6	0,26
Октябрь	8,2	26,6	-7,0	32,2	не определяли
Ноябрь	0,6	11,9	-14,2	7,7	не определяли
Декабрь	1,8	14,3	-8,0	29,6	не определяли
Год	8,6	37,0	-26,3	418,3	не определяли
2012 г.					
Январь	-3,7	9,0	-18,6	41,6	не определяли
Февраль	-9,4	5,6	-27,6	26,1	не определяли
Март	0,8	15,4	-12,0	41,6	не определяли
Апрель	13,7	32,3	-1,2	18,3	0,44
Май	19,8	32,7	4,9	37,1	0,59
Июнь	22,2	36,6	6,5	49,0	0,73
Июль	25,1	36,5	10,7	38,4	0,50
Август	22,4	38,0	7,6	147,9	2,13
Сентябрь	16,3	27,7	9,7	21,0	0,43
Октябрь	11,9	25,3	-0,6	48,6	1,31
Ноябрь	4,6	17,9	-4,8	20,5	не определяли
Декабрь	-3,1	13,6	-17,0	73,7	не определяли
Год	10,0	38,0	-27,6	563,8	не определяли

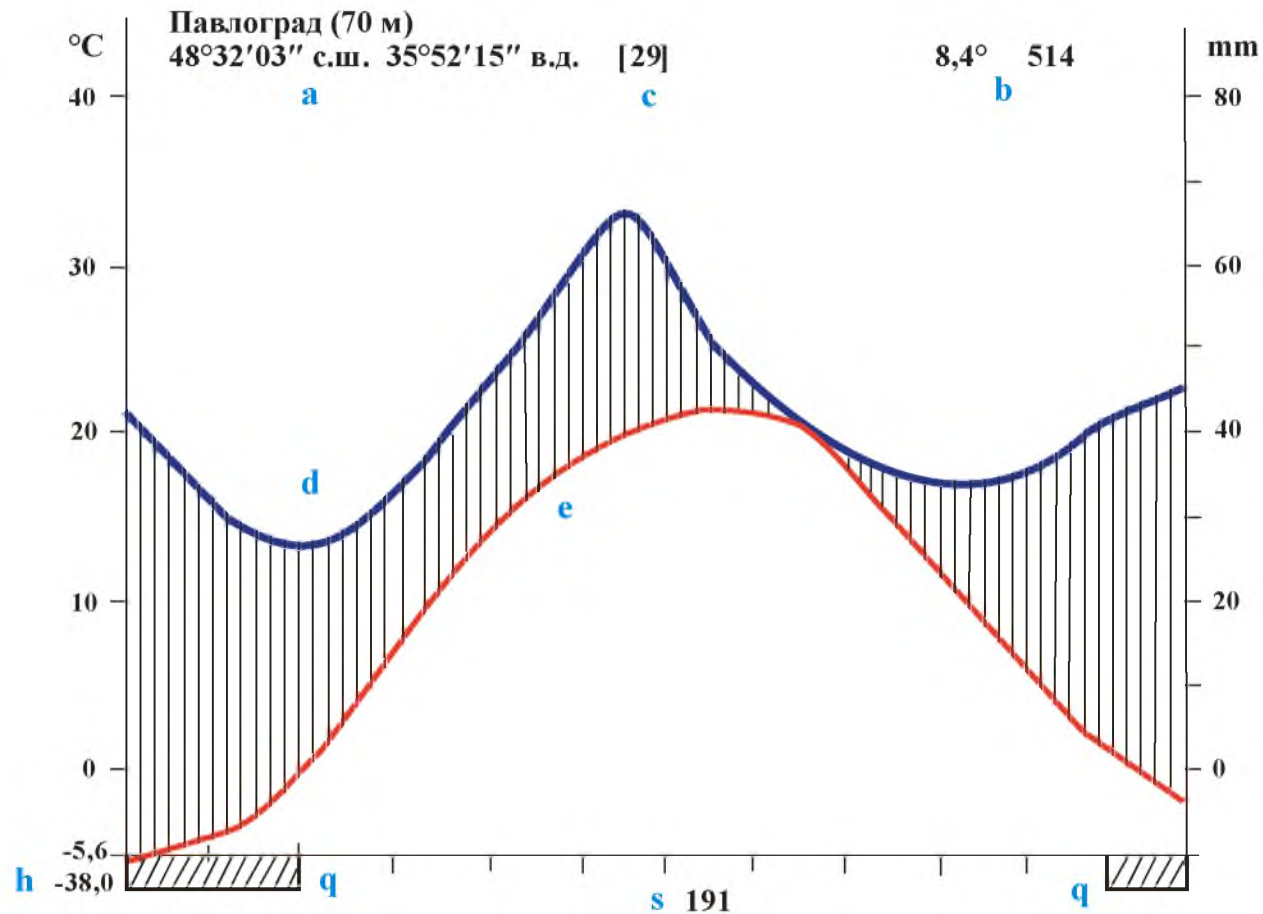
В Павлоградском районе этот коэффициент составил 0,75. Сумма активных температур выше $+10^{\circ}\text{C}$ в среднем за три года – 3542°C . Среднее за период наблюдений годовое количество осадков – 508 мм, что близко к средним многолетним данным для данного агроклиматического района. Наименьшее количество осадков за год выпало в 2011 г. и составило 418 мм, а наибольшее – 564 мм в 2012 г.

Взаимосвязь температуры и влажности хорошо отражают климадиаграммы, составленные по способу Вальтера-Гессена, на которых в определенных масштабах сопоставлен годовой ход температуры воздуха с ходом выпадения осадков. Так была построена климадиаграмма исследуемого района (рисунок 3.1).

В целом, условия погоды в период исследований соответствовали ее многолетнему режиму, характерному для данного природного района.

3.2 Почвы и почвообразующие породы

Почвы Западного Донбасса делятся на два типа. В первую группу входят автоморфные почвы, формирующиеся на коренных берегах или верхних террасах реки Самары с уровнем грунтовых вод глубже 10–15 м. Наиболее распространенными среди них являются зональные обыкновенные малогумусные черноземы, содержащие в верхнем горизонте 4–5% гумуса.



Условные обозначения:

a – населенный пункт, высота наблюдений над уровнем моря (в скобках), во второй строке – координаты метеопункта; **b** – средняя годовая температура (°C) и среднее годовое количество осадков (мм); **c** – период наблюдения [в квадратных скобках] лет; **d** – кривая среднемесячного количества осадков (синяя линия); **e** – кривая среднемесячной температуры (красная линия); **h** – абсолютный минимум температуры за время наблюдений (°C); **q** – неблагоприятные холодные времена года.

Рисунок 3.1 – Климатодиаграмма. г. Павлоград Днепропетровской обл.

Горизонт Н имеет мощность 0–42 см, Нр 42–80 и Ph 80–90 см. Линия вскипания залегает на глубине 50–60 см. Горизонт белоглазки выражен зачастую неясно и располагается глубже гумусированных горизонтов. Емкость поглощения колеблется в пределах 30–40 смоль (+)/кг почвы. Поглощенные основания представлены только Ca^{2+} и Mg^{2+} . Почвообразующей породой обыкновенных черноземов в большинстве случаев является лесс и лессовидные суглинки тяжелосуглинистого гранулометрического состава. Поэтому и почвы обладают преимущественно тяжелосуглинистым составом. В Павлоградском районе широко развиты процессы эрозии (53% почв имеют признаки слабо- и среднеэродированных) (Бекаревич и др., 1974).

Во вторую группу входят гидроморфные или полугидроморфные почвы, находящиеся в пределах поймы реки Самары. Эти почвы при весеннем разливе иногда испытывают кратковременное затопление. Кроме того, грунтовые воды залегают выше критического уровня, в результате чего в пойме сформировались болотные, лугово-болотные и лугово-черноземные почвы, в разной степени засоленные и солонцеватые.

Луговые почвы содержат от 2 до 5% валового гумуса, часто профиль слоистый. Аллювиальные отложения пойм обладают мощностью более 5–8 метров и часто уходят глубже уровня грунтовых вод.

3.3 Геология

На размытой поверхности докембрийских кристаллических пород Украинского щита залегает осадочно-эффузионная толща девонского возраста, характеризующаяся переслаивающимися известняками, песчано-глинистыми сланцами и другими породами. Поверх девонских отложений находится толща пород каменноугольного возраста, представленная верхним и средним карбоном. К этим отложениям приурочены прослои каменного угля. В строении каменноугольной толщи принимают участие обломочные, глинистые, углистые

породы, песчаники серого и темно-серого цвета и алевроиты. Глинистые породы представлены преимущественно аргиллитами и уплотненными глинами с содержанием частиц размером $<0,001$ мм 57–64%.

Вмещающие каменный уголь породы на контакте с полезным ископаемым сильно пиритизированы. Пирит встречается в виде небольших прослоек, конкреций, стяжений и единичных кристаллов. По мере удаления от линии контакта пород с углем, количество пирита в породах заметно уменьшается. В каменных углях также присутствует пирит, о чем можно судить по повышенному содержанию в них серы (1–4%). При этом на долю сульфидной серы приходится от 30 до 70% всей серы, содержащейся в углях.

Таким образом, контактные породы и остатки угля пиритизированы и при извлечении их на дневную поверхность происходит окисление пирита и образование серной кислоты.

Поверх угленосной толщи залегают пермские породы, затем мезозойские отложения в виде глин коричнево-красного и серого цвета и песчаников, которые покрываются третичными отложениями. Палеогеновые отложения бучакского яруса представлены преимущественно песками и песчаниками, киевский ярус состоит главным образом из зеленовато-серых и голубовато-серых мергелистых глин, харьковский слагается морскими глауконитовыми песками, а также серовато-зелеными вязкими глинами. Неогеновые отложения состоят из песков и песчаных глин.

Четвертичные отложения представлены красно-бурыми глинами и лессовыми отложениями (Бекаревич и др., 1974).

3.4 Растительный покров

Растительность Присамарья занимает особое место в природе Днепропетровщины. Здесь сформировано два микроландшафта – приводораздельно-балочный и террасовый. Для приводораздельно-балочного ландшафта характерно то, что сельскохозяйственные угодья разнообразятся

наличием балочных систем, дающих приют байрачным лесам и фрагментам степных целинок.

В байрачных лесах господствуют дубравы, где помимо дуба черешчатого (*Quercus robur* L.), преобладают ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior* L.), клен остролистный (*Acer platanoides* L.) и липа мелколиственная (*Tilia cordata* Mill.). В подлеске – лещина обыкновенная (*Corylus avellana* L.), клен татарский (*Acer tataricum* L.), бересклет бородавчатый (*Euonymus verrucosus* Scop.), бузина черная (*Sambucus nigra* L.). В живом покрове – дубравное ширококравье: фиалка удивительная (*Viola mirabilis* L.), копытень европейский (*Asarum europaeum* L.), медуница неясная (*Pulmonaria obscura* Dumort.).

Для степных целинок характерна зональная степная растительность, которая формируется в пределах зоны обыкновенных черноземов и характеризуется господством узколистных плотнодернинных злаков, таких как ковыль Лессинга (*Stipa lessingiana* Trin. et Rupr.), ковыль волосатик, или тырса (*Stipa capillata* L.), типчак бороздчатый (*Fastuca valesiaca* Gaud.), тонконог изящный (*Koeleria gracilis* Pers.), а также со значительной примесью двудольных, среди которых следует отметить люцерну прямостоячую (*Medicago kotovii* Wissjul.), подмаренник русский (*Galium ruthenicum* Willd.), серпуху лучистую (*Serratula bracteifolia* Stank.), любазник шестилепестный (*Filipendula vulgaris* Hill.), клевер альпийский (*Trifolium alpestra* L.), клевер горный (*Trifolium montanum* L.).

Долинно-террасовый ландшафт отличается тем, что недалеко от реки Самары имеется пойма с дубравами, лугами, болотами и озерами, а далее на арене располагается сосновый бор – южный форпост распространения сосны, березы и других северных компонентов.

Пойменные дубравы по своей структуре и флористическому составу напоминают дубравы байраков. Луга чаще всего характеризуются господством мезофильных видов (мятлик луговой (*Poa pratensis* L.), полевица белая (*Agrostis stolonifera* L.), ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.), лютик многоцветковый (*Ranunculus polyanthemos* L.), подмаренник северный (*Galium boreale* L.). Болота

относятся преимущественно к высокотравному типу с господством тростника обыкновенного (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.).

На второй песчаной террасе встречаются сосняки, березняки, ольшаники и торфяные болотца, включающие 35 северных видов (папоротники, плауны, торфяные мхи, орхидеи.). На ней также формируются псаммофильные степи с характерными представителями: овсяница Беккера (*Festuca beckeri* (Hack.) Trautv.), тонконог сизый (*Koeleria glauca* (Spreng.) DC.), ковыль песчаный (*Stipa pennata* L.), бессмертник песчаный (*Helichrysum arenarium* (L.) Moench), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.).

На третьих террасах в солонцово-солончаковых условиях формируется галофитная растительность.

В биогеоценозах Присамарья произрастает ряд редких для степной зоны растений. Так, в байрачных лесах встречается ряд средиземноморских видов: шлемник высокий (*Scutellaria altissima* L.), окопник Таврический (*Symphytum tauricum* Willd.), воробейник пурпурно-синий (*Aegonychon purpurea-coeruleum* Holub.). В ольшаниках, находящихся на стыке арены и поймы, произрастает большое количество папоротников, ареал которых лежит дальше к северу. Большой очаг северных видов сформировался на арене, где кроме сосны и березы встречаются плаун, орляк, орхидные, сфагновые мхи (Белова, Травлеев, 1999).

РАЗДЕЛ 4 ДИНАМИКА АВТОГЕННОЙ СУКЦЕССИИ НА СУЛЬФИДСОДЕРЖАЩИХ ШАХТНЫХ ОТВАЛАХ И РЕАКЦИЯ РАЗЛИЧНЫХ ПОРОД ДЕРЕВЬЕВ И КУСТАРНИКОВ НА СВОЙСТВА ЭМБРИОЗЕМОВ

4.1 Первичная сукцессия на эмбриоземах сульфидных отвалов

Формирование биоценозов нагорных отвалах – процесс очень сложный. По утверждению В.И Вернадского, живое вещество биосферы постоянно оказывает давление на все доступное ему пространство. Поэтому, живые организмы встречаются в рыхлых породах на больших глубинах, хотя и в более упрощенных сообществах, чем на поверхности земной коры. В воздухе постоянно присутствуют микроорганизмы, споры грибов. При выносе на дневную поверхность микроорганизмы сразу же попадают на породу отвалов. Поэтому утверждение, что горные породы в отвалах стерильны и безжизненны, а формирование фитоценозов начинается через несколько лет после её выноса на поверхность не совсем верно (Торчевский, 1964).

На вершине терриконов через 10–12 лет после прекращения отсыпки породы было проведено геоботаническое обследование и выявлены три синузии растительных группировок, представленных 35 видами высших сосудистых растений, которые распределены по 15 семействам. Крупнейшим семейством выступало семейство Asteraceae – 27%, следующие за ним семейства: Poaceae – 19%, Fabaceae – 14%, Polygonaceae – 9%, Brassicaceae – 6%, Santalaceae – 6%; остальные 9 семейств были представлены по 1 виду (таблица 4.1).

Первая синузия – синузия тростника в пониженной блюдцеобразной части отвала, где активно аккумулируются осадки и продукты смыва, вторая – синузия вейника – участки межбугровых понижений с намытым элювием и третья – синузия вязеля – фрагмент поверхности с внесенными строительными отходами (древесные опилки).

Таблица 4.1 – Список видов высших сосудистых растений, зарегистрированных после завершения отсыпки на поверхности породного отвала шахты «Першотравнева»

Вид	Присутствие вида в фитоценозах	
	12 лет после отсыпки отвала	25 лет после отсыпки отвала
1	2	3
Семейство Asteraceae		
<i>Achillea millefolium</i> L.	–	+
<i>A. nobilis</i> L.	+	–
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	+	+
<i>Arctium lappa</i> L.	–	+
<i>Artemisia absinthium</i> L.	+	–
<i>A. cina</i> Berg ex Poljakov	+	+
<i>A. vulgaris</i> L.	–	+
<i>Centaurea diffusa</i> Lam.	–	+
<i>C. juncea</i> L.	–	+
<i>Chondrilla latifolia</i> M. Bieb.	+	–
<i>C. juncea</i> L.	–	+
<i>Cichorium intybus</i> L.	–	+
<i>Cirsium incanum</i> (S.G.Gmel.) Fisch. ex M. Bieb.	–	+
<i>Cyclachaena xanthiifolia</i> (Nutt.) Fresen.	–	+
<i>Erigeron canadensis</i> L.	–	+
<i>Lactuca tatarica</i> (L.) C.A.Mey.	–	+
<i>Onopordum acanthium</i> L.	–	+
<i>Rhaponticum repens</i> (L.) Hidalgo	+	–
<i>Senecio leucanthemifolius</i> Poir.	+	–
<i>Sonchus arvensis</i> L.	+	–
<i>S. oleraceus</i> (L.) L.	–	+
<i>Tanacetum vulgare</i> L.	–	+
<i>Tripleurospermum inodorum</i> (L.) Sch.Bip.	–	+
<i>Tragopogon borysthenicus</i> Artemczuk	–	+
<i>T. dubius</i> Scop.	+	–
<i>Xanthium strumarium</i> L.	–	+
	9	19
Семейство Poaceae		
<i>Anisantha tectorum</i> (L.) Nevski	+	+
<i>Bromus arvensis</i> L.	+	–
<i>B. hordeaceus</i> L.	–	+
<i>B. japonicus</i> Thunb.	+	–
<i>Bromopsis inermis</i> (Leyss.) Holub	–	+
<i>Calamagrostis epigejos</i> (L.) Roth	+	+
<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.	–	+
<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) P.Beauv.	–	+
<i>Elymus repens</i> (L.) Gould	+	+
<i>Puccinellia dolicholepis</i> (Krecz.) Pavlov	–	+
<i>Poa angustifolia</i> L.	–	+

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3
<i>P. compressa</i> L.	–	+
<i>P. pratensis</i> L.	–	–
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. Ex Steud.	+	+
<i>Setaria pumila</i> (Poir.) Roem. & Schult.	–	+
	6	12
Семейство Fabaceae		
<i>Lathyrus tuberosus</i> L.	+	+
<i>Lotus corniculatus</i> L.	+	+
<i>Melilotus albus</i> Medik.	–	+
<i>M. officinalis</i> (L.) Pall.	+	+
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	–	+
<i>Securigera varia</i> (L.) Lassen	+	–
	4	5
Семейство Rosaceae		
<i>Malus domestica</i> Borkh.	–	+
<i>Prunus armeniaca</i> L.	–	+
<i>P. spinosa</i> L.	–	+
<i>Pyrus communis</i> L.	–	+
<i>Reseda lutea</i> L.	–	+
<i>Rosa canina</i> L.	–	+
	0	6
Семейство Polygonaceae		
<i>Fallopia aubertii</i> (L. Henry) Holub	+	–
<i>Persicaria maculosa</i> Gray	–	+
<i>Polygonum aviculare</i> L.	–	+
<i>Rumex acetosella</i> L.	+	–
<i>R. confertus</i> Willd.	–	+
<i>R. crispus</i> L.	+	+
	3	4
Семейство Chenopodiaceae		
<i>Atriplex nitens</i> Schkuhr	+	–
<i>Chenopodium album</i> L.	–	+
<i>Polycnemum arvense</i> L.	–	+
<i>Salsola australis</i> L.	–	+
<i>Silene viscosa</i> (L.) Pers.	–	+
	1	4
Семейство Brassicaceae		
<i>Diplotaxis muralis</i> (L.) DC.	–	+
<i>Erysimum diffusum</i> Ehrh.	+	–
<i>Sinapis alba</i> L.	–	+
<i>S. arvensis</i> L.	+	–
	2	2
Семейство Solanaceae		
<i>Hyoscyamus niger</i> L.	–	+
<i>Populus nigra</i> L.	–	+
<i>Solanum nigrum</i> L.	–	+
	0	3

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3
Семейство Santalaceae		
<i>Thesium arvense</i> Horv		
<i>Th. brachyphyllum</i> Boiss.	+	–
	2	0
Семейство Convolvulaceae		
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	+	+
	1	1
Семейство Resedaceae		
<i>Reseda lutea</i> L.	–	+
	0	1
Семейство Scrophulariaceae		
<i>Linaria vulgaris</i> Mill.	–	+
<i>Verbascum ovalifolium</i> Donn ex Sims	+	+
	1	2
Семейство Fagaceae		
<i>Quercus robur</i> L.	–	+
	0	1
Семейство Lamiaceae		
<i>Sideritis montana</i> L.	–	+
	0	1
Семейство Aceraceae		
<i>Acer campestre</i> L.	+	+
	1	1
Семейство Elaeagnaceae		
<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	–	+
<i>Euphorbia esula</i> L.	+	+
	1	2
Семейство Apiaceae		
<i>Daucus carota</i> L.	+	+
	1	1
Семейство Boraginaceae		
<i>Echium vulgare</i> L.	–	+
	0	1
Семейство Ranunculaceae		
<i>Consolida regalis</i> Gray	+	+
	1	1
Семейство Amaranthaceae		
<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	–	+
	0	1
Семейство Caryophyllaceae		
<i>Silene noctiflora</i> L.	–	+
<i>Elisanthe viscosa</i> (L.) Rupr.	+	–
	1	1
Семейство Oleaceae		
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	+	+
	1	1
Общее количество видов	35	70

Проективное покрытие в этих группировках составляло: синузия *Coronilla* – 70%, синузия *Calamagrostis* – 55%, синузия *Phragmites* – 90%. Общее число видов в синузиях варьировало от 18 до 25.

Используя программу «Рover» для оценки емкости местообитаний и базу данных «Экодата», содержащую информацию о размещении видов растений вдоль градиентов среды, нами установлены минимальные и максимальные значения градаций, а также их оптимумы для каждого из упомянутых синузий на градиентах факторов среды.

Как видно из рисунка 4.1, наиболее оптимальные условия увлажнения создаются в межбугровых понижениях отвала. Отсюда следует вывод, что форма рельефа играет первостепенное значение.

Анализ проводили по следующим градиентам факторов-условий и факторов среды с амплитудой от 0 до 100: содержание азота 1; континентальность климата 2; солевой режим (анионный состав) 3; переменность увлажнения 4; криорежим 5; освещенность – затенение 6; содержание гумуса 7; континентальность климата 8; температура воздуха 9; содержание карбонатов 10; кислотность субстрата 11; увлажнение 12.

Среди перечисленных в таблице 4.1 видов растений были представлены следующие жизненные формы: деревья – 4, деревья-кустарники – 2, поликарпические травы – 29, монокарпики – 6, монокарпики-озимые однолетники – 3, озимые однолетники – 9, яровые однолетники – 5.

При анализе растительных сообществ и подборе ассортимента для озеленения отвалов следует обращать внимание на те средства освоения среды, которые имеются у растений исходного видового состава. Одним из важных показателей является структура корневых систем. Корневая система исследованных растений в большинстве случаев располагалась в верхних горизонтах субстрата.

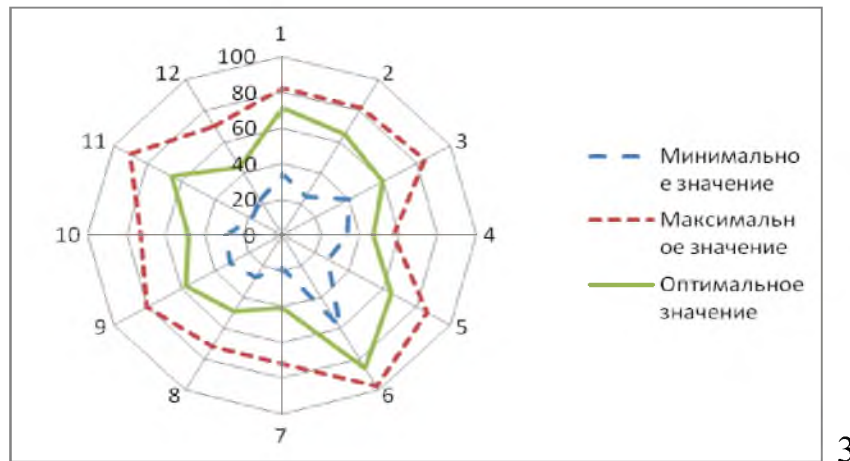
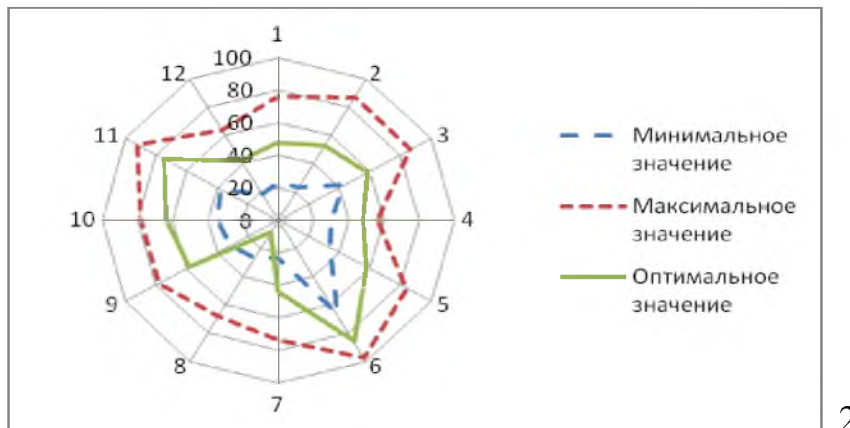
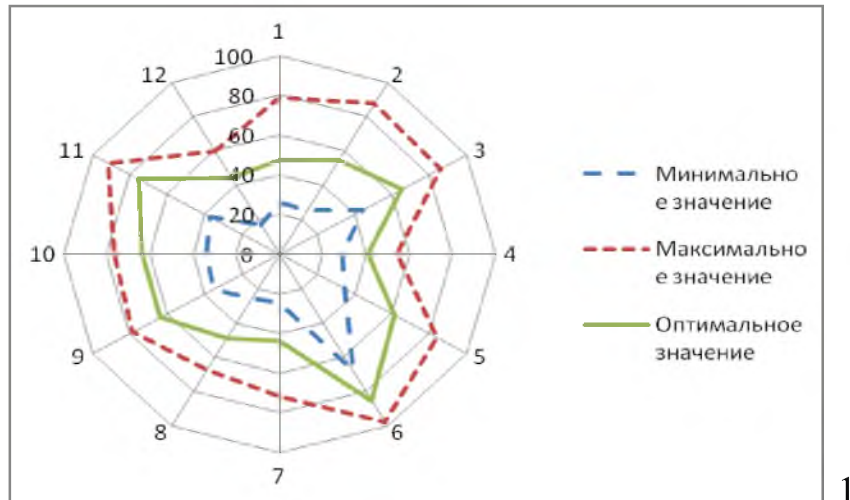


Рисунок 4.1 – Положение сообществ (синузии вейника (1), вязеля (2), тростника (3) на градиентах факторов среды.

По типам корневых систем преобладали растения со стержневой системой – 26 видов, среди них со стержневой системой глубокого залегания (>50 см) – 19 видов, среднего залегания (10–15 см) – 7 видов. Кистекорневой системой характеризовались 12 видов растений, причем с кистекорневой глубокой (4–10 см) – 5 видов, средней (2–5 см) – 3 вида и короткой (1–3 см) – 4 вида.

В ходе флористического обследования территории отвала горной породы закрывающейся шахты «Першотравнева» через 22–25 лет после завершения отсыпки было зарегистрировано 70 видов высших сосудистых растений (таблица 4.1), представленных 21 семействами.

Анализ систематической структуры нативной части видового состава отвала вскрывает в целом зональный тип организации данной флоры, свойственной Присамарью. Крупнейшим семейством здесь выступало семейство Asteraceae – 27%, за ним следовали семейства Poaceae – 16%, Fabaceae – 10%, Rosaceae – 9%, Polygonaceae – 7%, Chenopodiaceae – 4%. Остальные семейства были представлены 1–2 видами. Ведущее положение трех семейств связано со значительным участием в структуре сообществ видов, связанных с антропогенной деятельностью. На поверхность отвала, кроме традиционной горной породы, часто ссыпали бытовой мусор и отходы. Поэтому нередко встречались виды растений, выращиваемые на садово-огородных участках (томаты, подсолнечник).

Полученные результаты геоботанического исследования через 25 лет после завершения отсыпки отвала показали, что идет интенсивное развитие автогенной сукцессии. Кроме 15 семейств, которые были обнаружены при первом обследовании (12 лет после отсыпки), этот список дополнился 7 семействами и 1 семейство выпало. Следует отметить, что при первом обследовании виды семейства Rosaceae отсутствовали, а при повторном обследовании они были представлены шестью видами. По 1–2 вида насчитывали другие 6 семейств. Выпало семейство Santalaceae, представленное двумя видами *Thesium arvense* Horv и *Thesium brachyphyllum* Boiss. (таблица 4.1).

Под географической (ареалогической) структурой понимаются свойственные соотношения групп видов растений, объединенных общностью своих ареалов.

Анализ исследуемых фитоценозов отвала шахты «Першотравнева» показал ее обособленность по отношению к региональной флоре Присамарья и вскрыл односторонность и дефектность (таблица 4.2).

Таблица 4.2 – Географическая структура флоры поверхности отвала горной породы шахты «Першотравнева»

Тип ареала, ареалогическая группа	Число видов	% участия
Древнесредиземноморский: Собственно средиземноморская	1	1,43
Переходный – Средиземноморско-европейский: Европейско-средиземноморская	4	5,72
Европейско-средиземноморско-переднеазиатская	11	15,73
Евразиатский степной: Понтическо-казахстанская	3	4,29
Переходный – Средиземноморско-евразиатский степной: Средиземноморско-евразиатская степная	4	5,72
Переднеазиатская и евразиатская степная	2	2,86
Средиземноморско-переднеазиатская и евразиатская степная	1	1,43
Голарктический: Голарктическая	10	14,3
Палеарктическая	10	14,3
Западнопалеарктическая	11	15,73
Южнопалеарктическая	2	2,86
Европейская	2	2,86
Адвентивный	9	12,87

Наиболее крупной группой здесь являлись виды голарктического типа ареалов (более 50 %), основу которой составлял антропофильный элемент – рудеральные и сегетальные растения. Его геоэлементы распространены по всей Голарктике и Палеарктике. Вторая крупная группа – виды переходного (Средиземноморско-европейского) типа ареалов (более 20 %), третью ступень занимали адвентивные – пришлые виды, среди которых достаточно много аллергенов (*Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen., *Ambrosia artemisiifolia* L.).

Таким образом, географическая структура изученного фрагмента растительности шахтного отвала свидетельствует о том, что флороценогенез находится в начальной стадии сукцессионного процесса.

Основные жизненные формы (биоморфы) – это в значительной степени результат приспособления растений к молодым, преимущественно кислым почвам отвалов. Биоморфы показывают направления адаптации, позволяющие выжить и удержаться на своем местообитании. Свойства, которыми обладают отдельные биоморфы в соответствии с условиями среды обитания, называют признаками приспособления. На основании признаков приспособления к переживанию неблагоприятных условий среды, особенно в критические периоды (зимние холода, летняя жара) построены многие системы жизненных форм.

На рисунке 4.2 показано соотношение отдельных групп жизненных форм во флоре поверхности отвала шахты «Першотравнева», для сравнения приведены спектры биоморф двух зональных типов – колковых (байрачных) лесов и степной растительности (на рисунке – первый ряд).

Из гистограммы видно, что по составу биоморф флора отвала ближе к флоре байрачных лесов (собственно к чему мы стремимся подойти при формировании древесно-кустарниковых насаждений), однако почти отсутствуют виды с жизненной формой хамефит, которые переживают неблагоприятные периоды под защитой снежного покрова или под покровом опада или ветоши. Снег и опад листьев сильно развеиваются ветром с вершины отвала. Условия для хамефитов будут достигнуты только на стадии сформированного растительного покрова (с точки зрения развития сукцессии на отвале, это возможно лет через 25–40). В то же время велико число видов, избегающих температурные экстремумы: криптофитов – 13,8% (прячут почки возобновления под поверхностью субстрата) и терофитов – 29,3% (проходят жизненный цикл от семени до семени в очень сжатые сроки, используя благоприятные сезонные экологические ниши). Из-за короткого (однолетнего) цикла развития терофиты имеют ограниченную продуктивность, поэтому не достигают больших размеров,

не могут заметно воздействовать на породу и почву и быть конкурентноспособными.

Соотношение спектров жизненных форм различных типов растительности



Рисунок 4.2 – Спектры биоморф различных типов растительности: степи (1 ряд, «кирпичная» штриховка), байрачные леса (2 ряд, без штриховки, со светлой заливкой), поверхность отвала шахты «Першотравнева» через 23–25 лет после завершения отсыпки отвала (3 ряд, штриховка по типу «рыбья чешуя»)

Изучение корневых систем растений через 25 лет после завершения отсыпки шахтного отвала шахты «Першотравнева» показало, что преобладающим типом корневой системы являлся интенсивный – стержнекорневой (рисунок 4.3). Им обладали 81,4% видов растений. Из них глубокорневых – 55,7 %, среднекорневых 25,7%. На виды с экстенсивным типом корневой системы в общей сложности приходилось всего 18,6%.

Количественные соотношения типов корневых систем растений, сложившиеся в процессе сукцессионного развития сообществ, свидетельствуют о напряженном гидротермическом режиме в приповерхностных слоях 0–10, 0–20

см, в которых еще активно развивается кислотный комплекс и другие микропроцессы. Поэтому корни предпочтительнее развиваются в слоях 30–50–60-сантиметровых слоях почвы, где эти процессы заторможены или завершаются, а агрессивные компоненты продуктов выветривания и почвообразования на сульфидных горных породах не так активно аккумулируются.



Условные обозначения:

Тип корневой системы:



экстенсивный (кистековой)



интенсивный (стержнековой)

Глубина залегания корневой системы:



глубокая



короткая



средняя

Рисунок 4.3 – Тип и структура корневой системы растений горного отвала шахты «Першотравнева» через 25 лет после завершения отсыпки

С точки зрения пространственно-планировочной концепции наряду с использованием почвы, растения являются важнейшим элементом ухода за ландшафтом. и практика ландшафтного строительства и уход за ландшафтом означает, правильное использование растений. Это позволяет ликвидировать ущерб, нанесенный природному ландшафту, или предотвратить его появление, в

определенной степени поддерживать равновесие экологической структуры ландшафта, сформировать ландшафт, соответствующий потребностям.

Подбор растений, пригодных для оптимизации экосистем и ландшафтного строительства, определяется рядом критериев. Среди них решающим выступает критерий соответствия местопроизрастанию. Условия произрастания растений представляет собой совокупность факторов среды: гидротермических, эдафических, гидрологических и других (Плугатарь, Корженевский, 2015).

В природных условиях места обитания обуславливают определенную комбинацию (совокупность, ассамблею) растений, соответствующую типу растительности. В ряде случаев, при которых возникает необходимость осуществления работ по ландшафтному строительству, приходится иметь дело не с естественными местообитаниями, а с существенно изменившими свою структуру в результате деятельности человека, т.е. техногенными. К подобного рода структурам относятся все отвалы горных выработок и сопровождающие их элементы.

Породные отвалы шахт являются источником загрязнения окружающей среды угледобывающих районов. С ними связано самовозгорание терриконов и выделение в атмосферу городов и поселков вредных газов и пыли, загрязнение воды и почв. Для нейтрализации отрицательных свойств таких терриконов проводят ряд мероприятий, одним из которых является биологическая рекультивация. Растения на отвалах предотвращают водную и ветровую эрозию. Кроме этого растения извлекают из окружающей среды и концентрируют в своих тканях различные микроэлементы, в том числе и тяжелые металлы (Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989).

Нами на вершине отвала были отобраны растительные образцы на естественном сукцессионном тренде для определения микроэлементов. Результаты исследований приведены в таблице 4.3. Так, *Melilotus albus* Medik. по отношению к другим травянистым растениям поглощает из породы больше всего микроэлементов, в том числе тяжелых металлов (Cu, Pb, V, Zn). Много тяжелых

металлов из почвы выносит и *Ambrosia artemisiifolia* L. Геохимический состав породы и молодой почвы подробно описан в разделе 5.

При подборе растений для оптимизации техногенных экосистем следует стремиться к максимальному видовому разнообразию с учетом природных условий. Большое разнообразие видов, соответствующих данным условиям, обеспечивает: оптимально возможное использование климатических и эдафических ресурсов местопроизрастания; устойчивость растений к факторам среды, а также возможность длительного функционирования созданного техногенного фитоценоза.

Главной отличительной чертой фитоценозов в пространстве растительного континуума является сходство флористического состава (флористическая комбинация), распознаваемого в ландшафте по однотипности вертикальной и горизонтальной структур, по выраженности доминантов и их эдификаторных способностей, по физиономическому аспекту в каждый отрезок времени.

Список растений изучаемых территорий служит основой для систематического, биоморфологического и географического анализа, вскрывающего характер происхождения, тип становления и положение растительных сообществ в ряду сукцессии.

Таблица 4.3 – Зольность и содержание химических элементов в растениях на вершине шахтного отвала, мг/кг

Растения, укос	Зольность	Cu	Pb	Co	Ni	Zn	Mo	Cr	V	Ti	Mn	Ba	Zr
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	13,1	10,0	20,0	6,3	32,0	20,0	12,0	10,0	32,0	3,2	320,0	4,0	5,0
<i>Salsola australi</i>	14,7	8,0	6,3	5,0	12,0	25,0	8,0	8,0	15,0	1,5	630,0	3,2	5,0
<i>Elytrigia repens</i>	9,0	8,0	6,3	но*	10,0	6,3	6,3	6,3	32,0	2,5	120,0	3,2	4,0
<i>Polygonum aviculare</i>	8,6	10,0	15,0	но	25,0	20,0	12,0	8,0	15,0	2,0	800,0	3,2	5,0
<i>Lotus corniculatus</i>	8,5	8,0	25,0	8,0	50,0	8,0	10,0	12,0	32,0	3,2	400,0	3,2	5,0
Укос № 1	15,2	6,3	15,0	15,0	12,0	8,0	15,0	8,0	20,0	2,5	100,0	4,0	5,0
<i>Melilotus albus</i> Medik.	8,2	10,0	40,0	но	32,0	8,0	40,0	50,0	63,0	5,0	63,0	3,2	5,0
<i>Artemisia absinthium</i>	7,5	8,0	8,0	но	20,0	5,0	6,3	8,0	20,0	3,2	100,0	3,2	4,0
<i>Anisantha tectorum</i>	8,0	8,0	6,3	но	15,0	10,0	40,0	10,0	25,0	2,5	120,0	4,0	4,0
<i>Phragmites australis</i>	7,6	8,0	6,3	но	15,0	10,0	8,0	10,0	32,0	2,5	100,0	3,2	4,0
<i>Cyclachaena xanthifolia</i>	15,8	8,0	10,0	но	20,0	12,0	8,0	6,3	20,0	2,0	120,0	3,2	5,0
<i>Atriplex nitens</i>	16,9	5,0	5,0	но	8,0	2,5	6,3	6,3	12,0	1,5	150,0	3,2	4,0

Продолжение таблицы 4.3

Растения, укос	Ga	Ag	Bi	Ge	Sc	Li	P	La	Al	Fe	Ca	Si	Mg
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	1,2	0,0	1,2	но	6,3	2,0	120,0	3,2	1,2	4,0	150,0	3,2	50,0
<i>Salsola australi</i>	1,0	0,0	1,0	но	10,0	2,0	63,0	2,5	0,6	3,2	40,0	но	63,0
<i>Elytrigia repens</i>	1,5	4,0	1,0	1,0	12,0	1,0	80,0	2,5	0,6	2,5	6,3	15,0	10,0
<i>Polygonum aviculare</i>	1,2	0,0	1,0	но	8,0	1,0	250,0	2,0	1,5	4,0	63,0	но	120,0
<i>Lotus corniculatus</i>	1,5	0,0	1,0	но	8,0	1,5	100,0	2,5	2,0	5,0	100,0	но	32,0
Укос № 1	1,0	5,0	но	но	8,0	1,5	32,0	3,2	1,0	4,0	63,0	но	40,0
<i>Melilotus albus</i> Medik.	2,0	8,0	1,2	но	10,0	2,0	120,0	3,2	2,5	6,3	63,0	5,0	50,0
<i>Artemisia absinthium</i>	1,2	4,0	1,0	но	10,0	1,0	63,0	2,0	1,0	4,0	80,0	но	32,0
<i>Anisantha tectorum</i>	1,5	5,0	1,0	1,5	10,0	1,0	320,0	2,0	0,5	5,0	6,3	12,0	8,0
<i>Phragmites australis</i>	1,2	4,0	1,0	1,0	10,0	1,0	50,0	2,0	0,6	2,5	10,0	8,0	10,0
<i>Cyclachaena xanthifolia</i>	1,0	4,0	1,0	но	10,0	1,5	40,0	2,5	8,0	3,2	150,0	но	50,0
<i>Atriplex nitens</i>	1,0	8,0	1,0	но	8,0	2,0	10,0	3,2	0,5	2,0	63,0	но	40,0

* Не обнаружено.

Фитоценотический анализ позволит установить синтаксономическое положение растительности и определить характер ее происхождения, а также оценить степень ее антропогенной деформации, т.е. удаленности от потенциальной растительности.

На основе почвенно-биологических исследований была дана оценка всех понижений неспланированной части отвала шахты «Першотравнева» на площади около 1 га для оценки пригодности молодых почв под древесно-кустарниковые растения. В наиболее увлажняемых в течение года плодородных, рассолонцованных, выщелоченных от легкорастворимых солей и наименее кислых почвах западин в ноябре 2000 г было высажено 190 деревьев и кустарников, видовой состав которых приведен в таблице приложения А.1.

Оценка общего состояния неорошаемых растений показала довольно высокий процент (77%) приживаемости саженцев в таких условиях местообитания, если принять во внимание сильные ветры и то, что даже после посадки растения не были политы. Особенно сильно пострадали растения на подветренной восточной части отвала, что указывает на необходимость обвалования вершины с востока более высокими кучами по ее краю.

В результате изучения естественного сукцессионного тренда на шахтных отвалах были выделены перспективные для целей фиторекультивации и озеленения сульфидсодержащих отвалов растения: донник лекарственный (*Melilotus officinalis* (L.) Pall.), пырей ползучий (*Elytrigia repens* (L.) Nevski), донник белый (*Melilotus albus* Medik), вейник наземный (*Calamagrostis epigejos* (L.) Roth), резеда желтая (*Reseda lutea* L.), лядвенец рогатый (*Lotus corniculatus* L.), анизанта кровельная (*Anisantha tectorum* (L.) Nevski), ясень зеленый (*Fraxinus lanceolata* Borkh.), лох узколистный (*Elaeagnus angustifolia* L.), робиния лжеакация (*Robinia pseudoacacia* L.). Относительно устойчивыми можно считать клен остролистный (*Acer platanoides* L.), плосковetchник восточный (*Platycladus orientalis* (L.) Franco), будлею изменчивую (*Buddleja davidii* Franch.), спирею Вангутта (*Spiraea × vanhouttei* (Briot) Zabel), бирючину обыкновенную (*Ligustrum vulgare* L.), форзицию промежуточную (*Forsythia intermedia*), тамарикс

четырёхтычинковый (*Tamarix tetrandra*). Можжевельник виргинский (*Juniperus virginiana* L.), гледичию трехколючковую (*Gleditsia triacanthos*), бобовник анагировидный (*Laburnum anagyroides* Medik.) следует отнести к категории слабоустойчивых растений. Для дуба черешчатого (*Quercus rubra* L.) молодые почвы отвала без орошения непригодны.

4.2 Определение оптимальных значений эдафических критериев, определяющих пригодность эмбриоземов для древесно-кустарниковых растений и выявление наиболее устойчивых видов для выращивания на серосодержащих отвалах

С момента посадки растений (1999–2000 гг.) и до момента наблюдений (2010–2012 гг.) из 17 видов деревьев и кустарников осталось 14. Четыре вида были занесены на отвал естественным путем, это груша, абрикос, яблоня и шиповник (таблица 4.4, рисунок приложения Б.1).

Таблица 4.4 – Показатели декоративность и роста древесных и кустарниковых растений* на вершине шахтного отвала

Название растений	Высота растений, м	Диаметр проекции кроны, см	Окружность штамба, см	Декоративность, баллы
<i>Fraxinus lanceolata</i> Borkh.	4,7±0,09	630±10,02	33±1,05	4
<i>Quercus robur</i> L.	4,3±0,25	360±7,26	42±0,98	4
<i>Pyrus communis</i> L.	3,5±0,45	440±15,71	44±1,34	4
<i>Armeniaca vulgaris</i> Lam.	4,0±0,34	700±16,20	72±1,98	4
<i>Acer platanoides</i> L.	3,5±0,08	300±9,72	34±0,91	3,5
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	6,0±0,29	650±11,39	67±2,01	3,5
<i>Symphoricarpos albus</i> L.	0,9±0,10	100±10,12	не опр.**	3
<i>Forsythia×intermedia</i> Zabel	1,8±0,30	136±13,28	не опр.	4
<i>Tamarix tetrandra</i> Pall.	3,5±0,46	600±15,42	не опр.	4
<i>Syringe vulgaris</i> L.	0,7±0,25	56±7,27	11±0,82	4

* Среднее из 5 растений каждого вида.

** Не определяли.

В возрасте 15 лет на эмбриоземах высота некоторых деревьев робинии лжеакации была более 6 м, средняя окружность штамба составляла 67, диаметр проекции кроны – 650 см (таблица 4.4, рисунок приложения Б.2). Жизненное состояние насаждений хорошее. Высаженная группа растений *Robinia pseudoacacia* L. в одном понижении начинала давать молодую корневую поросль.

Под несколько разреженным пологом формируются гидрологический и температурный режимы, благоприятные для развития устойчивого травянистого покрова с доминированием вейника. Плотность эмбриозема под робинией лжеакацией в понижениях была невысокой 1,1–1,3 г/см³, количество скелета с глубиной увеличивалось: от среднескелетного – 20% в слое 0–20 см до сильноскелетного – 52% в слое 40–60 см. Пористость почвы по Качинскому (1965) в верхнем слое была отличной, а в нижнем – неудовлетворительная (таблица 4.5). Эмбриозем под робинией в верхнем слое среднекислый – рН_{KCl} 4,54, с глубиной кислотность уменьшалась и в слое 40–60 см рН_{KCl} был 7,41. Гидролитическая и обменная кислотность в слое 0–20 см составляла 4,61 и 0,12 смоль(+)/кг соответственно (таблица 4.6). Известно, что мелкозем является основнымместилищем питательных веществ, влаги и корневых систем растений. Запасы мелкозема в слое 0–60 см составили 4463 тыс. т/га.

Состояние ясеня зеленого, высаженного на опытно-производственном участке, было хорошее и по шкале декоративности оценивалось в 4 балла. Средняя высота деревьев составила 4,7 м, окружность штамба – 33 см, диаметр проекции кроны – 630 см (таблица 4.4, рисунок приложения Б.2).

По плотности сложения почва под ясенем не уплотнена, пористость по Качинскому отличная. Эмбриозем в слое 0–60 см сильноскелетный (таблица 4.5). Кислотность молодой почвы под ясенем может быть одним из лимитирующих факторов для распространения его корневой системы (таблица 4.6). По литературным данным, это растение требовательно к минеральному питанию и почвенным условиям (Деревья и кустарники для защитных..., 1974). В тоже время яшень зеленый хорошо себя чувствует на молодых почвах сульфидных отвалов.

Таблица 4.5 – Физические свойства молодой почвы понижений под древесно-кустарниковыми растениями на вершине шахтного отвала в слое 0–60 см

Деревья и кустарники	Скелет, % от объема с ненарушенным слоем	Запасы мелкозема, т/га	Объемная масса мелкозема, г/см ³	Удельная масса, г/см ³	Общая порозность мелкозема, %
<i>Armeniaca vulgaris</i> Lam.	25	5398	1,22	2,58	52
<i>Pyrus communis</i> L.	38	4300	1,16	2,44	53
<i>Quercus robur</i> L.	37	4463	1,19	2,50	52
<i>Acer platanoides</i> L.	23	5494	1,20	2,57	53
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	23	5494	1,20	2,57	53
<i>Sumphoricarpos albus</i> L.	23	5494	1,20	2,57	53
<i>Tamarix tetrandra</i> Pall. ex M.Bieb.	25	5264	1,16	2,50	51
<i>Forsythia</i> × <i>intermedia</i> Zabel	23	5494	1,20	2,57	53
<i>Fraxinus lanceolata</i> Borkh.	37	4463	1,19	2,50	52

По шкале декоративности дубу черешчатому в возрасте 15 лет на молодой почве была дана оценка 4 балла. Высота растений в среднем составила 4,3 м, некоторые экземпляры достигали высоты 5 м. Средний диаметр проекции кроны 360 см, а диаметр ствола 42 см (таблица 4.4, рисунок приложения Б.3). Физические и химические свойства мелкозема под дубом и под ясенем близки (таблицы 4.5, 4.6).

Таблица 4.6 – Химические и физико-химические свойства мелкозема молодых почв понижений под древесно-кустарниковой растительностью на вершине шахтного отвала

Глубина, см	Гумус, %		рН _{KCl}	Кислотность, смоль(+)/кг		Подвижный Al ³⁺ , мг/кг
	%	т/га		гидролитическая	обменная	
<i>Armeniaca vulgaris</i> Lam						
0–20	0,39	7,2	6,22	1,16	0,01	не определяли
20–40	0,22	4,4	4,10	3,60	0,57	0,99
40–60	0,24	3,7	3,80	5,52	1,13	1,98
<i>Pyrus communis</i> L.						
0–20	0,24	4,2	3,87	4,17	1,14	1,98
20–40	0,13	1,9	3,86	5,41	2,19	4,05
40–60	0,19	2,3	3,70	7,47	3,95	7,11
<i>Quercus robur</i> L.						
0–20	0,24	4,2	3,75	5,48	1,16	18,72
20–40	0,13	1,9	3,95	3,40	0,46	7,20
40–60	0,39	4,7	6,45	0,52	0,01	не определяли
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.						
0–20	0,50	8,2	4,54	4,61	0,12	1,8
20–40	0,48	8,1	4,99	2,80	0,02	0,30
40–60	0,36	7,8	7,41	0	0	0
<i>Tamarix tetrandra</i> Pall.						
0–20	0,27	6,7	5,31	2,41	0,04	0,06
20–40	0,17	3,1	6,36	1,08	0,01	не определяли
40–60	0,37	3,7	5,80	3,56	0,02	0,03
<i>Forsythia × intermedia</i> Zabel						
0–20	0,50	8,2	4,54	4,61	0,12	0,19
20–40	0,48	8,1	4,99	2,80	0,02	0,03
40–60	0,36	7,7	7,41	0,01	0,01	не определяли
<i>Fraxinus lanceolata</i> Borkh						
0–20	0,36	5,4	3,73	4,97	1,45	14,50
20–40	0,12	1,8	3,70	5,48	1,16	1,89
40–60	0,06	0,8	3,92	3,40	0,46	0,90

Абрикос обыкновенный, как и грушу, на отвале целенаправленно не высаживали. Эти растения на сульфидсодержащих отвалах чувствуют себя хорошо, их декоративность по шкале оценивалась в 4 балла. В высоту некоторые растения достигали почти 5 м, средняя высота деревьев была 4 м. Растения были раскидистые, средний диаметр проекции кроны равнялся 700 см, окружность штамба – 72 см (таблица 4.4, рисунок приложение Б.1).

Груша обыкновенная на молодой почве в понижениях достигала 3,5 м высоты, окружность штамба была 44 см и диаметр проекции кроны 440 см. Жизненное состояние дерева – хорошее (таблица 4.4, рисунок приложение Б.1). Растение хорошо переносило зимние понижения температуры и недостаток влаги в жаркие месяцы. Корневая система дерева проникала на глубину до 80 см. Основная масса всасывающих корней (90%) была сосредоточена в слое 0–60 см, а все проводящие корни (100%) находились в слое 20–60 см (таблица 4.7). Распространение всасывающих корней в верхних слоях связано с увеличением скелетности с глубиной от 29 в слое 0–20 см до 48% в слое 40–60 см и уменьшением порозности от 57 в верхнем слое до 49% в нижнем слое; с глубиной увеличивалась кислотность, pH_{KCl} снижалась до 3,46, гидролитическая и обменная кислотность были 7,47 и 3,95 смоль(+)/кг соответственно.

Груша обыкновенная может быть использована в зеленом строительстве как ценная декоративная порода (рисунок приложение Б.1).

Корневая система растений оказывает оложительную роль в улучшении почвенного покрова (Демидов, Кобец, Узбек, Волох, Грицан, Дырда, 2012). Благодаря корни растения поглощают из почвы воду и минеральные соли, а затем передают их надземным органам. Кроме этого корни насыщают почву органическим веществом после отмирания. На поверхности корней образуется слизистый слой, который представляет собой превосходный субстрат развития микрофлоры в ризосфере (Колесников, 1974).

Таблица 4.7– Количество «срезов» корней 15-летних древесно-кустарниковых растений на молодой почве шахтного отвала

Глубина, см	Проводящие корни		Всасывающие корни	
	шт.	%	шт.	%
<i>Acer platanoides</i> L.				
0–20	1	7	14	29
20–40	9	60	19	40
40–60	5	33	15	31
0–60	15	100	48	100
<i>Forsythia×intermedia</i> Zabel				
0–20	1	17	70	80
20–40	4	66	13	15
40–60	1	17	4	5
0–60	6	100	87	100
<i>Armeniaca vulgaris</i> Lam.				
0–20	1	8	63	49
20–40	11	84	48	37
40–60	1	8	18	14
0–60	13	100	129	100
<i>Pyrus communis</i> L.				
0–20	0	0	63	32
20–40	7	44	65	33
40–60	9	56	49	25
60–80	0	0	20	10
0–80	16	100	197	100
<i>Fraxinus lanceolata</i> Borkh.				
0–20	2	20	32	43
20–40	0	0	31	41
40–60	8	80	12	16
0–60	10	100	75	100

Изучением корневых систем древесных и кустарниковых пород в чистых и смешанных насаждениях природных и искусственных биогеоценозах занимались многие исследователи (Рахтеенко, 1963; Колесников, 1974; Калинин, 1983; Белова, 1999 и др.). Однако поведение подземных органов растений в техноземах изучено недостаточно, исследования, как правило, были связаны только с ранними стадиями становления древостоя (Баранник, 1977; Травлеев, 1987; Масюк, 1990, 1991; Зверковский, 2001).

Методом «среза» В.А. Колесникова нами была изучена корневая система 5 видов деревьев и кустарников на молодых почвах в понижениях.

Распространение корневой системы деревьев и кустарников в эмбриоземах понижений определяется не только кислотностью, но и физическими свойствами породы. Несмотря на то, что в молодой почве интенсивно проходят процессы раскисления и выщелачивания, она обладает рядом негативных свойств, в том числе и физических. Это, в свою очередь, отрицательно сказывается на распространение корневой системы. Проведенные нами исследования корневых систем показали, что на молодых почвах резко выражена адаптивная способность древесных и кустарниковых растений к неблагоприятным условиям их произрастания. Это проявлялось в форме строения корневых систем и глубине распределения корней. После вывоза породы грузовой техникой на отвал в ней встречался бытовой, строительный мусор, в котором содержалось много органики. При раскопке корневых систем деревьев и кустарников было обнаружено, что корни растений проникали в остатки этого мусора и осваивали весь слой с ним. При этом корни в сильной степени деформировались и распространялись по трещинам горной породы (становились плоскими). Условия развития корней определяются характером распределения в течение года в почвенном профиле воды и элементов питания, а также температурным режимом верхнего горизонта молодой почвы.

Количество всасывающих корней у абрикоса обыкновенного с глубиной заметно уменьшалось (таблица 4.7). Это связано с уплотнением и резким увеличением кислотности, pH_{KCl} в слое 40–60 см был 3,80. Несмотря на все это, там находилось 14% всех всасывающих корней. У груши обыкновенной корневая система была развита хорошо, в слое 0–80 см было 197 всасывающих корней. Но из-за неблагоприятных физико-химических свойств с глубиной количество корней заметно уменьшилось, так как pH_{KCl} в слое 40–60 см доходил до 3,46.

У форзиции промежуточной основная форма всасывающих корней была сосредоточена в верхнем слое. В нашем случае это слой 0–40 см, где сосредоточено 95% всех всасывающих корней. В первую очередь это связано с

высокой плотностью сложения породы: объемная масса мелкозема была $1,40 \text{ г/см}^3$ (рисунок приложение Б.3).

Клен остролистный находился недалеко от форзиции промежуточной в одном понижении. Корней у клена остролистного меньше, чем у других пород: всего 48 шт. всасывающих и 15 – проводящих. Количество всасывающих корней сосредоточено в верхней части эдафотопы (69%). По химическим и физико-химическим свойствам в понижении под этими растениями эмбриозем был малопригодным для произрастания высших растений: pH_{KCl} был 3,14, обменная и гидролитическая кислотность были выше, чем под другими породами деревьев. Концентрация алюминия была среднетоксичной (таблица 4.7). Но, несмотря на такие условия, все вышеперечисленные растения успешно произрастают в данном понижении. Сопоставляя между собой подземные биогеогоризонты насаждений, можно заключить, что максимальное количество корней сосредоточено в верхней части эмбриозема – 79%. Освоение корнями растений в основном слоя 0–60 см говорит о том, что в эмбриоземах произошли процессы раскисления и выщелачивания (рисунок 4.4). Параллельно с этим в молодой почве понижений идет улучшение физических свойств: происходят разуплотнение, увеличение порозности мелкозема, улучшение структурности и уменьшение скелетности. Также идет накопление органического вещества и питательных веществ, что делает такой эдафотоп пригодным для еще более требовательных растений, чему способствует постоянное увеличение видового состава травянистой растительности.

Полученные нами результаты показывают, что молодая почва понижений пригодна для произрастания травянистой и древесно-кустарниковой растений. На оптимизированных сульфидных отвалах шахт Западного Донбасса при запасах мелкозема в слое 0–60 см не менее 4300 т/га, органического вещества 0,8 т/га, pH солевой вытяжки не ниже 3,7 и концентрации подвижного алюминия до 8,1 мг/кг.

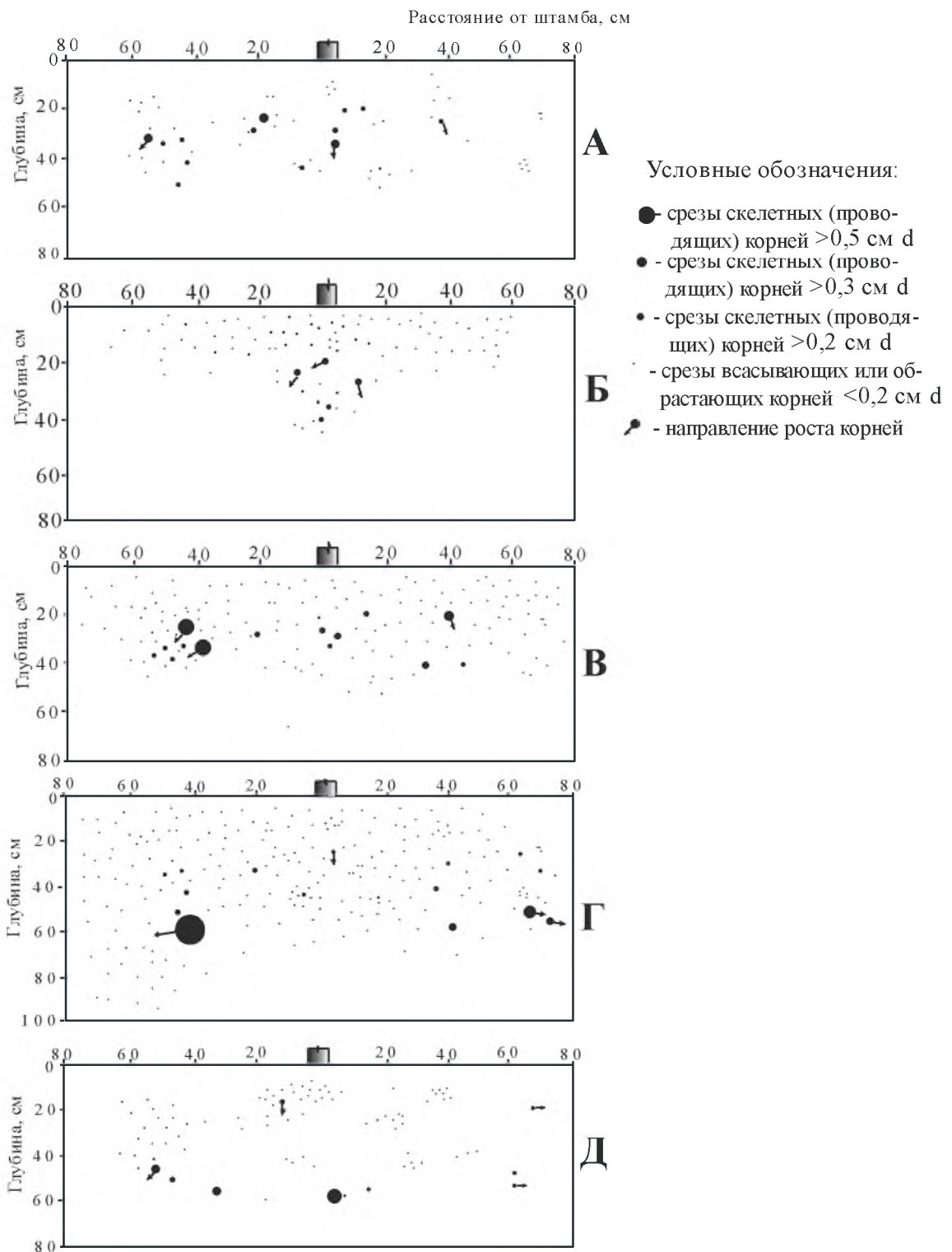


Рисунок 4.4 – Архитектоника корневой системы деревьев на ПСП «Шахта «Першотравнева»

А – клен остролисный (20 см от штамба); Б – форзиция промежуточная (20 см);

В – абрикос обыкновенный (30 см); Г – груша обыкновенная (20 см);

Д – ясень зеленый.

РАЗДЕЛ 5 СВОЙСТВА, ПОКАЗАТЕЛИ И РЕЖИМЫ СУЛЬФИДНОЙ ГОРНОЙ ПОРОДЫ И ЭМБРИОЗЕМОВ

5.1 Свойства свежеотсыпанной сульфидной горной породы

По литологическому составу сульфидная горная порода вершины отвала представлена углистыми аргиллитами с небольшой примесью мелкозернистых песчаников и фрагментов угля. В составе скелета преобладает аргиллит, под воздействием температуры и осадков интенсивно идет процесс выветривания с образованием мелкозема.

Анализ геохимического состава исследуемой свежеотсыпанной породы показал, что в ней содержатся медь, свинец, кобальт, никель, цинк, молибден, хром, ванадий, титан, олово, марганец, барий, бериллий, ниобий, цирконий, галлий, серебро, висмут, германий, скандий, литий, фосфор, лантан, иттрий, алюминий, железо, кальций, кремний, магний, натрий и бор. В горной породе не обнаружены: иттербий, золото, вольфрам, стронций, мышьяк, сурьма, кадмий, тантал, гафний, уран, торий и индий. Это говорит о том, что извлеченная на дневную поверхность порода практически не является источником вредных химических элементов (таблица 5.1).

Сульфидные горные породы свежеотсыпанного отвала характеризовались различной степенью скелетности. Скелет представлен в основном углистыми сланцами и в меньшей мере – песчаниками. Содержание скелетных фракций в породе доходило до 65%, что обусловлено не столько различной устойчивостью сланцев к выветриванию, сколько дефляцией и смывом мелкоземистых частиц на периодически обнажаемой поверхности породы на бортах отвала.

Таблица 5.1 – Геохимический состав (мг/кг) и pH сульфидной горной породы

№ образца	pH _{H2O}	Nb	Zr	Ga	Ag	Bi	Ge	Sc	Li	P	La	Y	Al	Fe	Ca	Si	Mg
		10 ⁻³	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁶	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	10 ⁻³	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻³	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻¹	10 ⁰	10 ⁻¹
1*	7,4	1,5	15,0	10,0	но	2,0	1,5	12,0	2,5	4,0	2,5	1,0	5,0	15,0	8,0	15,0	6,3
2	6,6	1,5	20,0	10,0	но	2,0	1,5	10,0	2,5	3,2	2,0	1,2	5,0	15,0	10,0	15,0	8,0
3	6,0	2,0	20,0	10,0	2,5	1,5	2,0	12,0	3,2	5,0	3,2	1,2	5,0	25,0	8,0	20,0	6,3
4	4,6	1,5	20,0	10,0	2,5	2,0	1,5	12,0	2,5	4,0	2,5	1,2	5,0	15,0	3,2	20,0	6,3
5**	7,0	1,5	15,0	10,0	но	2,0	1,5	15,0	3,2	3,2	2,5	1,2	6,3	20,0	15,0	15,0	6,3

Продолжение таблицы 5.1

№ образца	pH _{H2O}	Cu	Pb	Co	Ni	Zn	Mo	Cr	V	Ti	Sn	Mn	Ba	Be
		10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	10 ⁻³	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻³	10 ⁻²
1*	7,4	1,5	15,0	10,0	40,0	6,3	8,0	63,0	100,0	40,0	4,0	32,0	4,0	1,5
2	6,6	2,0	20,0	12,0	50,0	6,3	10,0	80,0	100,0	40,0	3,2	40,0	5,0	2,0
3	6,0	1,5	20,0	12,0	50,0	8,0	10,0	80,0	100,0	50,0	4,0	40,0	4,0	2,0
4	4,6	2,0	20,0	12,0	50,0	6,3	10,0	80,0	100,0	40,0	3,2	32,0	40,0	2,0
5**	7,0	1,5	20,0	12,0	50,0	5,0	8,0	63,0	100,0	40,0	3,2	32,0	3,2	1,5

* – порода различных сроков отсыпки (5-15 лет);

** – свежесыпанная порода.

Плотность скелета сланцевых горных пород была довольно однородной, объемная масса составляла 2,24–2,25 г/см³ (таблица 5.1.2). Плотность сложения горной породы доходила до 1,70 г/см³, тогда как плотность сложения мелкоземистой части породы в среднем была 1,40 г/см³ и только в некоторых случаях превышала 1,52 г/см³. Приведенные в таблице 5.2 показатели объемной массы породы и мелкоземистой ее части указывают на достаточно высокую плотность сложения верхнего 0–40-сантиметрового слоя.

Несмотря на сильную скелетность породы, запасы мелкозема в слое 0–40 см в среднем составили 2487 т/га. Мелкозем породы характеризовался благоприятными физическими свойствами: общей порозностью 40–50%, высокой воздухоемкостью, превышающей 30% даже при насыщении породы влагой до уровня ее наименьшей влагоемкости, равной 12–13% (таблица 5.2). Высокие показатели скважности и воздухоемкости указывают на то, что несолонцеватая горная порода достаточно водопроницаема.

По гранулометрическому составу мелкоземистая часть породы преимущественно тяжелосуглинистая, реже – среднесуглинистая с преобладанием крупно- и мелкопылеватых фракций. Илистых фракций, в том числе и коллоидов, являющихся основой для структурообразования и поглотительной способности техногенного субстрата, немного (12–14%). Обедненность илом и обогащенность крупной и средней пылью (частицами размером 0,05–0,005 мм) до 50% определяют высокую дефляционную опасность – распыляемость породы ветром. При таком соотношении песка, пыли, ила, отсутствии в породе кальция и незначительном количестве экстрагируемого углерода (0,1%), сульфидная порода обладала рядом отрицательных свойств (слабо оструктурена, подвержена пылению, сильно уплотнена, слабоводопроницаема, мало воздухо- и влагоемка).

Порода отличалась пониженными величинами максимальной гигроскопической влаги (4,3%) и недоступной для растений влаги (5,8%), низкими показателями наименьшей влагоемкостью (10–11%) и диапазона активной влаги (5–6%).

Из-за низкой водопроницаемости породы (50–70 мм за первый час наблюдений) влага осадков в большей мере будет не впитывается, а стекает по уклону местности или надолго застаивается в понижениях.

Причина низкой водопроницаемости породы заключалась не только в пониженной скважности и высокой плотности, но и в солонцеватости, которая связана с содержанием натрия в поглощенном комплексе.

Количество поглощенного натрия, пептизирующего коллоиды, составило 19% от суммы поглощенных оснований, что указывает на необходимость вытеснения из сорбционного комплекса натрия кальцием. Кальция в поглощающем комплексе породы недостаточно, не более 31% от суммы обменных катионов. Кальций коагулирует коллоиды, является структурообразователем, устраняет слитость и увеличивает водопроницаемость породы (таблица 5.3).

Максимальное количество обменного Na^+ в сорбционном комплексе характерно для нейтральных и щелочных сульфидных пород, тогда как доля поглощенного натрия в кислых уменьшается до 3–5% от суммы поглощенных оснований. Но это происходит через 6–7 лет после отсыпки породы, когда разовьется кислотный комплекс, а натрий (как Ca^{2+} и Mg^{2+}) будет вытеснен из сорбционного комплекса H^+ Al^{3+} .

Обедненность сульфидной горной породы кальцием обусловлена наличием в ней небольшого количества общих карбонатов (0,2–0,8% CaCO_3), что при высоком содержании сульфидов является основной причиной неизбежного развития кислотного комплекса со временем.

Значения рН, гидролитической и обменной кислотности в свежееотсыпанной в отвал сульфидной породе свидетельствовали о том, что кислотный комплекс в ней еще не развился. Порода характеризовалась щелочной, слабощелочной, нейтральной или слабокислой реакцией рН 5,6–8,3. Обменная кислотность почти отсутствовала, а гидролитическая – была незначительной и на отдельных участках отвала не превышала 0,5–1,3 смоль(+)/кг навески. Это означает, что окисление сульфидной серы замедлено за счет инактивации тионовых бактерий и

Таблица 5.2 – Средние показатели физических свойств сульфидной горной шахтной породы

Слой, см	Скелетность, % от объема	Запасы мелкозема, т/га	Объемная масса, г/см ³			Мелкозем		
			скелета	породы в целом	мелкозема	удельная масса, г/см ³	общая порозность, %	воздухоемкость при НВ, %
0–20*	50±5	1281±14	2,25	1,70	1,33	2,57	48±6	36±4
20–40	65±6	1206±20	2,24	1,70	1,47	2,55	47±8	35±5

* n =5

Таблица 5.3 – Состав поглощенных оснований сульфидной горной шахтной породы. Слой 0-30 см

Обменные катионы, смоль(+)/кг				Сумма поглощенных оснований, смоль(+)/кг	Обменные катионы, % от суммы			
Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺
3,20*	3,30	1,96	1,92	10,38	30,83	31,79	18,88	18,50

* n =3

осаждения железа из раствора при высоких значениях рН. Наиболее интенсивно окисление пирита (в породе его 1,9–3,9%) будет идти при рН в диапазоне 2–4 (Опанасенко и др., 2005).

Невысокие темпы окисления сульфидов подтверждаются небольшим соотношением общей и сульфатной серы (табл. 5.1.4). Только в некоторых случаях трансформировалось более 20% сульфидной серы в сульфатную, а в большинстве случаев – только 7–15%. Расчеты запасов серы по слоям показали, что в корнеобитаемом слое 0–60 см они достигают больших величин (54–62 т/га) (таблица 5.4).

Таблица 5.4 – Содержание общей, сульфатной и водорастворимой серы в горной породе на вершине отвала

№ разреза	Сера в 30-см слое, %			Запасы общей серы, т/га, в слоях 0-30 / 0-60 см
	общая	сульфатная	водорастворимая	
1	0,55	0,05	0,02	30 / 60
2	0,53	0,05	0,05	28 / 56
3	0,60	0,09	0,05	31 / 62
4	0,54	0,12	0,11	27 / 54

В исследуемой горной породе подвижный алюминий не обнаружен, хотя в аналогичной окисленной породе при $\text{pH} < 3,6$ количество подвижного алюминия достигло 200 мг/100 г навески, что может быть губительным для растений. Количество подвижных форм марганца – 32 мг/кг, железа – 190 мг/кг, что не токсично для растений.

Известно, что засоленные почвы и субстраты неблагоприятны или совсем непригодны для декоративных деревьев и кустарников. Причинами этого являются токсичность легкорастворимых солей, нарушения в минеральном питании и водоснабжении растений, обусловленные высоким осмотическим давлением почвенных растворов.

Анализ водной вытяжки горной породы показал, что сульфидная порода на большей площади вершины отвала по сумме легкорастворимых солей

характеризуется слабой (0,3–0,5%) и средней (0,5–1,0%) степенью засоления, тип засоления – сульфатный. В породе обнаружены высокие концентрации хлоридов и сульфатов натрия и магния, а иногда и сода, токсичные для растений. Для обеспечения вымывания вредных водорастворимых солей осадками или при помощи орошения за пределы корнеобитаемого слоя необходимо увеличить водопроницаемость и уменьшить плотность породы.

Горная порода вершины отвала содержала повышенное количество углерода (6–12%), однако лишь незначительная часть общего углерода экстрагируется пиррофосфатом и гидроксидом натрия. Экстрагируемый углерод – важнейший показатель плодородия субстратов. В породе отвала его количество незначительно.

Содержание в породе валовых форм основных элементов питания растений (азота, фосфора, калия) было довольно высоким, но доступных растениям подвижных форм азота и фосфора мало. По обеспеченности подвижным калием порода характеризовалась как среднеобеспеченная. На исследуемом участке отсутствовала растительность, N, P, K накапливались при выветривании горной породы и частиц угля.

Таким образом, установлено, что извлеченная на дневную поверхность порода не является источником тяжелых металлов.

Изучение гранулометрического состава сульфидной горной породы показало, что она обеднена илом. В составе фракций преобладает фракция средней пыли, наиболее неблагоприятная в агрономическом смысле и обуславливающая низкую водо- и воздухопроницаемость. Порода характеризуется бесструктурностью и распыляемостью, высокой плотностью сложения, низкой пористостью.

Сульфидная горная порода имеет низкую влагоемкость, узкий диапазон активной влаги, пониженную поглотительную способность.

Порода солонцеватая, бедна щелочноземельными металлами, в том числе и кальцием, имеет высокую концентрацию валовой серы, засолена легкорастворимыми солями (хлориды и сульфаты натрия, магния, реже карбонат

натрия). В незначительных количествах обнаружены экстрагируемый углерод (гумус) и доступные для растений формы азота и фосфора.

5.2 Физические свойства горной породы и молодой почвы

За прошедший 28-летний период после отсыпки аргиллитов кучами на вершину отвала шахты «Першотравнева» произошло перераспределение и сортировка породы по гранулометрическому составу по элементам мезорельефа под влиянием гравитации, дефляции, плоскостного и струйчатого смыва дождевыми и талыми водами, а также контрастного водного и температурного режимов.

Изначально при выносе на дневную поверхность исходная скелетность сульфидной горной породы достигала 90%. В результате выветривания за указанный выше период на контроле в слое 0–40 см этот показатель уменьшился на 26% и в среднем был более 61%. В понижениях скелета было гораздо меньше, чем в породе. В разрезе 44 в слое 0–20 см его было всего 3%. С глубиной этот показатель заметно увеличивался и доходил до 59% в слое 40–60 см (таблица 5.2.1). Изучение послойного распределения скелетных (>1 мм) и мелкоземистых (<1 мм) фракций показало, что скелетность по всем элементам мезорельефа увеличивалась сверху вниз, а количество мелкозема – снизу вверх. Мелкоземистый материал и скелет в небольших количествах сносился в понижения, накапливался в западинах: запасы мелкозема в слое 0–40 см в полтора раза выше таковых на повышениях (соответственно 3260 и 2111 т/га).

Одним из основных показателей, характеризующим важные в экологическом отношении физические свойства почв, является их объемная масса (плотность сложения). С ней связано распределение корней по профилю почвы, производительность древостоев. Объемная масса мелкозема в понижениях во всех вариантах была невысокой, но с глубиной увеличивалась. В слое 0–20 см она составляла 1,03–1,10 г/см³, а с глубиной возрастала до 1,40 г/см³. Это связано с

естественным постепенным уплотнением молодой почвы. В свою очередь горная порода (контроль) обладала высокой плотностью сложения – 1,41–1,54 г/см³. Чтобы показать влияние рельефа на плотность сложения нами был проведен однофакторный дисперсионный анализ – исследование наличия или отсутствия существенного влияния какого-либо качественного или количественного фактора на изменения исследуемого результативного признака. В нашем случае фактическое значение отношения Фишера (18,2) больше критического (6,6), с вероятностью 95% отклоняем нулевую гипотезу и делаем вывод о том, что рельеф влияет на плотность сложения эмбриозема.

Таблица 5.5 – Физические свойства молодой почвы понижений и сульфидной горной породы ПСП «Шахта «Першотравнева» 2011–2013 гг.

Почва, порода	Слой, см	Скелет, % от объема	Запасы мелкозема, т/га	Объемная масса мелкозема, г/см ³	Удельная масса, г/см ³	Общая порозность мелкозема, %
Молодая почва n*=3	0–20	14	1802	1,05	2,48	58
	20–40	26	1758	1,19	2,58	54
	40–60	45	1547	1,32	2,50	49
	0–60	$\bar{x}^* = 28 \pm 9$	$\Sigma^* = 5103$		$\bar{x} = 2,52$	$\bar{x} = 54 \pm 2,6$
Сульфидная горная порода (контроль) n=2	0–20	58	1202	1,43	2,53	44
	20–40	64	1083	1,49	2,53	42
	0–40	$\bar{x} = 61 \pm 5$	$\Sigma = 2285$		$\bar{x} = 2,53$	$\bar{x} = 43 \pm 0,4$

* \bar{x} – среднее арифметическое; Σ – сумма, n – количество разрезов.

Общая порозность во многом определяет особенности водного режима. От нее зависят воздухоемкость и влагоемкость, испарение, водопроницаемость. По шкале Качинского молодая почва обладала наилучшей общей порозностью в слое 0–40 см и хорошей в слое 40–60 см, а сульфидная горная порода характеризовалась удовлетворительной порозностью (таблицы 5.5, приложение А.2).

Удельная масса мелкозема молодой почвы колебалась от 2,42 до 2,66 г/см³, у горной породы она составляла 2,50–2,54 г/см³. Каких-либо закономерностей в изменении этого показателя выявлено не было (таблица 5.5).

Установлено, что в межбугорных понижениях гранулометрический состав мелкозема молодых почв и сульфидной горной породы вершин бугров был неоднородным (от легкоглинистого до среднесуглинистого). В эмбриозёмах преобладали фракции пыли крупной и мелкой, в конторле – песчано-крупнопылеватые частицы. В горной породе содержание илистых фракций во всех случаях было на 2–6% меньше, чем в эмбриозёмах, а фракций пыли мелкой и ила было меньше на 4–14% (таблица 5.6).

Почвы понижений в слое 0–40 см по содержанию песка, пыли крупной и средней, ила и пыли мелкой отличались более благоприятной сбалансированностью этих гранулометрических частиц, где их соотношение было соответственно 1: 2: 2 (в горной породе – 1: 1,5: 1). Молодые почвы понижений по гранулометрическому составу более благоприятны для произрастания растений (таблица 5.6) (Новицкий, 2013).

Сульфидная горная порода и молодая почва понижений по результатам микроагрегатного анализа были хорошей и высокой степени оструктуренности, на что указывали высокое количество агрегированного ила и значения фактора дисперсности. Однако в молодой почве в трех случаях на глубине 20–40 и 40–60 см была определена удовлетворительная микрооструктуренность, характеризующаяся довольно большим количеством неагрегированного ила (4,5–7,5%) и высоким (более 25) фактором дисперсности (таблица 5.7).

Содержание физической глины как в эмбриозёмах так и в породе характеризовались различной агрегированностью. Из 13-ти случаев только в 6-ти количество микроагрегатов <0,01 мм было в 9–16 раз меньше, чем частиц физической глины. В остальных случаях микроагрегатов <0,01 мм по сравнению с количеством физической глины было меньше только в 1,2–2,5 раза. Это означает, что в агрегацию вовлекаются не только илистые, но и частицы средней и мелкой пыли, однако степень их агрегации различна (таблица 5.7).

По Бэйверу агрегированность песчаных фракций также колебалась в широком диапазоне – от низкой до высокой. Лучшей агрегированностью частиц >0,05 мм отличалась почва разреза 39, где понижения интенсивно

Таблица 5.6 – Гранулометрический состав мелкозема (в % на абсолютно сухую навеску) молодой почвы понижений (разрезы 39, 37, 44, 41, 51) и сульфидной горной породы вершин бугров (разрезы 39а, 37а, 44а), апрель 2010 г.

№ разреза	Слой, см	Содержание фракций, мм						Сумма фракций <0,01 мм
		1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001	
39а \bar{x} *	0-40	7,64	20,71	26,80	11,91	18,32	14,62	44,85
39	0-20	3,02	15,56	28,86	13,60	20,48	18,48	52,56
	20-40	2,61	14,19	35,52	10,98	19,20	17,50	47,68
	40-60	0,92	4,02	40,26	10,62	23,18	21,00	54,80
51	0-5	4,59	6,80	36,19	14,14	19,32	18,96	52,42
	5-20	2,03	6,98	37,89	9,09	23,89	20,12	53,10
	20-40	4,30	6,68	35,19	12,70	20,74	20,39	53,83
	40-60	1,52	14,03	34,89	10,73	19,52	19,31	49,56
37а \bar{x}	0-40	3,40	29,00	28,40	10,35	14,65	14,20	39,20
37	0-20	3,33	23,67	30,50	10,84	15,96	15,70	42,50
	20-40	16,06	1,08	34,10	12,18	19,98	16,60	48,76
	40-60	6,75	17,29	27,78	13,74	17,84	16,60	48,18
44а \bar{x}	0-35	0,90	26,69	29,60	11,25	15,90	15,66	42,81
44	0-20	4,96	22,14	33,48	10,22	16,00	13,20	39,42
	20-40	0,98	9,44	29,18	14,66	23,98	21,76	60,40
	40-60	1,08	15,28	25,08	15,40	22,98	20,18	58,56
41	0-20	2,74	17,92	36,17	4,21	15,49	23,47	43,17
	20-40	1,16	10,76	34,64	22,04	11,84	19,56	53,44
	40-60	4,64	12,79	31,01	14,48	17,69	19,39	51,56

* \bar{x} – среднее арифметическое.

Таблица 5.7 – Гранулометрический и микроагрегатный состав (в % на абсолютно сухую навеску) молодых почв понижений и сульфидной горной породы вершин бугров, апрель 2010 г.

№ разреза, вариант опыта	Слой, см	Содержание фракций, мм								Фактор дисперсности	Степень агрегированности песка
		гранулометрических				микроагрегатных					
		>0,05	>0,01	<0,01	<0,001	>0,05	>0,01	<0,01	<0,001		
39а вершина бугра	0-40	28,35	55,15	44,85	14,62	61,46	97,16	2,84	1,24	8,5	53
39 межбугорное понижение	0-20	18,58	47,44	52,56	18,48	54,96	78,66	21,34	4,42	23,9	66
	20-40	16,80	52,32	47,68	17,50	41,70	76,20	23,80	5,20	29,7	68
	40-60	4,94	45,20	54,80	21,00	60,86	94,20	5,80	0,70	3,3	92
37а вершина бугра	0-40	32,40	60,80	39,20	14,20	49,02	97,44	2,56	0,40	2,8	34
37 межбугорное понижение	0-20	27,00	57,50	42,50	15,70	51,60	97,74	2,26	0,04	0,2	48
	20-40	17,14	51,24	48,76	16,60	9,44	59,82	40,18	4,52	27,2	Не опред.
	40-60	24,04	51,82	48,18	16,60	41,78	94,66	5,34	0,30	1,8	42
44а вершина бугра	0-5	22,34	53,58	46,42	16,64	15,90	67,22	32,78	0,10	0,6	Не опред.
	5-40	32,93	60,79	39,21	14,68	51,76	95,42	4,58	0,02	0,1	36
44 межбугорное понижение	0-20	27,10	60,58	39,42	13,20	31,84	70,86	29,14	2,08	15,7	15
	20-40	10,32	39,60	60,40	21,76	7,90	57,32	42,68	4,76	21,8	Не опред.
	40-60	16,36	41,44	58,56	20,18	1,22	52,20	47,80	7,50	37,1	Не опред.

заросли вейником наземным. Менее заросших травой понижения, где проективное покрытие было незначительным и на конторле агрегированность песка была удовлетворительной, слабой и низкой (таблица 5.7).

Молодая почва и сульфидная горная порода характеризовались хорошей микроагрегированностью илистых частиц, удовлетворительной – частиц $<0,01$ мм, плохой – песчаных фракций.

Установлено, что количество благоприятных в агрономическом плане микроагрегатов (1–0,001 мм) оказалось почти одинаковым в почве (98–52%) и в сульфидной породе (98–67%).

Установлено, что лучшей микроагрегированностью отличались почвы в интенсивно заросших травами понижениях. Микроагрегатный состав характеризует качественно новый структурный уровень организации твердой фазы почв и в большой мере предопределяет состояние макроструктуры. Макроагрегаты размером 10–0,25 мм – наиболее важные и агрономически ценные, они определяют почвенное плодородие, их содержание является важнейшим показателем структурного состояния молодых почв и пород.

Молодые почвы и сульфидная порода по количеству агрономически ценных агрегатов (77–71%) и коэффициентам структурности Н.А. Качинского характеризовались отличным агрегатным состоянием, однако оба показателя были выше у эмбриозёмов (таблица 5.8).

Сухое и мокрое просеивание показало, что оценка структурного состояния объектов исследований по отношению суммы агрегатов 10–0,25 мм почвы понижений характеризовались отличным агрегатным состоянием, а порода – хорошим: в них содержалось в среднем 78 и 71% водопрочных агрегатов соответственно (таблица 5.8).

Таблица 5.8 – Структурный состав и водоустойчивость молодых почв понижений и сульфидной горной породы по результатам сухого (в числителе) и мокрого (в знаменателе) просеивания, октябрь 2009 г.

№ разреза, вариант опыта	Слой, см	Содержание фракций (мм), % на абсолютно сухую навеску									Коэффициент структурности	Водопрочность, коэффициент / критерий
		>10	10-7	7-5	5-3	3-2	2-1	1-0,5	0,5- 0,25	<0,25		
39а вершина бугра	0-40	26,07	12,92	14,54	<u>9,24</u> 12,90	<u>3,50</u> 6,12	<u>24,12</u> 32,09	<u>3,28</u> 8,95	<u>3,66</u> 10,47	<u>2,67</u> 29,47	2,5	0,18 / 279
39 межбугорное понижение	0-30	14,20	11,30	10,80	<u>5,60</u> 16,34	<u>9,20</u> 8,15	<u>33,90</u> 44,84	<u>4,80</u> 8,94	<u>5,90</u> 12,37	<u>4,30</u> 9,36	4,4	0,53 / 199
	30-60	34,10	19,17	14,20	<u>9,41</u> 14,50	<u>5,05</u> 8,20	<u>14,51</u> 31,42	<u>1,36</u> 6,18	<u>1,21</u> 9,04	<u>0,99</u> 30,66	1,8	0,09 / 592
44 межбугорное понижение	0-30	13,57	7,80	12,06	<u>8,79</u> 11,47	<u>5,23</u> 6,66	<u>33,83</u> 36,13	<u>7,24</u> 10,58	<u>6,36</u> 14,92	<u>5,12</u> 20,24	4,3	0,38 / 187
	30-60	14,61	12,53	13,38	<u>10,74</u> 15,63	<u>6,41</u> 11,23	<u>27,25</u> 39,60	<u>5,17</u> 11,19	<u>5,35</u> 18,56	<u>4,56</u> 3,79	4,2	0,37 / 282

Критерии водопрочности агрегатов АФИ, определенные по отношению суммы агрегатов размером 1–0,25 мм при мокром и сухом просеиваниях, колебались от 187 до 592 в почвах, а в породе критерий составил 279. Такие значения характеризуют водопрочность агрегатов как хорошую и очень хорошую. Однако коэффициенты водопрочности, определенные по суммарной внешней поверхности агрегатов, были в пределах 0,09–0,53, что соответствует очень низкой и пониженной водопрочности. Очень низкой водопрочностью отличались молодая почва в слое 30–60 см в разрезе 39 и сульфидная порода (таблица 5.8).

Следует отметить, что оценочные градации меняются в зависимости от многих показателей (Вадюнина 1986, Качинский 1947, Кузнецова 1979, Медведев 2008), а потому их следует считать ориентировочно-оценочными. В значительной степени это относится к молодой почве и сульфидной горной породе техногенных ландшафтов. Вместе с тем, всесторонняя оценка микро- и макроструктурного состояния таких образований позволяет ориентировочно определить параметры их оструктуренности и сравнить с таковыми соответствующих зональных почв. Исходя из вышесказанного, следует, что за прошедший 25-летний период после оптимизации вершины отвала в заросших травами понижениях интенсивно развиваются процессы почвообразования. В результате физические свойства мелкозема молодых почв понижений улучшились: уменьшилась плотность сложения, увеличилась порозность мелкозёма, отлучился гранулометрический состав (увеличилось количество ила, пыли мелкой) что позволило интенсивному развитию автогенной сукцессии.

5.3 Химические и физико-химические свойства горной породы и молодой почвы понижений

Шахтные серосодержащие отвалы, кроме отрицательных физических свойств, ещё обладали рядом негативных химических и физико-химических

свойств. При оптимизации таких отвалов знание этих свойств имеет большое значение.

Через 25 лет после завершения отсыпки отвала валовое содержание серы в эмбриозёмах понижений было в три раза меньше, чем в горной породе, в среднем 0,13 и 0,41% соответственно, что свидетельствует об интенсивных процессах ее окисления и образовании различной степени развитости кислотного комплекса (таблица 5.9). В процессе окисления пирита образуется сульфатная сера. При интенсивном выщелачивании ее концентрация в молодых почвах составила 0,03–0,07%, что в четыре раза меньше, чем на контрольных вариантах.

Таблица 5.9 – Химический состав, физико-химические показатели молодой почвы и сульфидной горной породы на шахтном отвале ПСП «Шахта «Першотравнева», 2011-2012 гг.

Местоположение разреза, число определений (n)	Слой, см	pH_{H_2O} pH_{KCl}	S, % валовая сульфатная	Кислотность, смоль(+)/кг гидролитическая обменная	Подвижные формы мг/кг		
					Al ³⁺	Fe ³⁺	Mn ⁴⁺
Молодая почва межбугорных понижений, n=3	0-20	$\frac{5,31}{4,50}$	$\frac{0,14}{0,07}$	$\frac{4,16}{0,44}$	7	74	14
	20-40	$\frac{5,87}{5,09}$	$\frac{0,10}{0,03}$	$\frac{2,42}{0,16}$	4	64	32
	40-60	$\frac{6,95}{6,55}$	$\frac{0,15}{0,05}$	$\frac{1,12}{0}$	0,3	80	38
Сульфидная порода на вершине бугров (контроль), n=2	0-20	$\frac{4,37}{3,50}$	$\frac{0,41}{0,28}$	$\frac{10,01}{2,26}$	36	100	17

При закладке разрезов на контрольных площадках в нижних слоях на поверхности скелетных частиц был обнаружен ярозит в виде желтого налета. Ярозит устойчив в породе при низких значениях pH (ниже 4) в сухом жарком климате. Сульфаты ярозитовой группы образуются в процессе окисления пирита (Костенко, Опанасенко, 2007).

Низкими значениями pH водной суспензии и солевой вытяжки говорят о том, что за 25 лет после вынесения породы на дневную поверхность в ней продолжают интенсивно протекать процессы окисления. В понижениях в слое 0–

60 см pH_{KCl} колебался от 3,65 до 7,41, с глубиной этот показатель увеличивался, а на вершине бугра он был от 2,94 до 4,03 (таблица 5.9). Кроме этого при значении pH солевой вытяжки равном 4 или ниже в породе появляется подвижный алюминий, концентрация которого составляла почти 69 мг/кг. Подвижный алюминий в такой концентрации являются очень токсичными для растений (Махонина, 2003). В понижениях количество подвижного Al^{3+} уменьшалась с глубиной и была 0,3–18,7 мг/кг. Алюминий наряду с поглощенным водородом обуславливает обменную кислотность, которая в породе была в несколько раз выше, чем в молодых почвах понижений. В молодой почве обменная кислотность была невысокой и с глубиной полностью исчезала, а в породе она составила 2,26 смоль(+)/кг. Это говорит о том, что в породе интенсивно проходят процессы окисления (таблицы 5.9, приложение А.3). Установлено, что обменная кислотность породы и молодой почвы определяется главным образом обменным алюминием ($r=0,91$; $n=43$), при этом алюминий и обменная кислотность с содержанием общей серы не коррелируют.

Молодая почва понижений по содержанию гидролитической кислотности по отношению к сульфидной горной породе в несколько раз ниже. В молодой почве этот показатель с глубиной уменьшался до 1,12 смоль(+)/кг, что свидетельствует о замедлении процессов окисления с глубиной.

Подвижные формы железа (Fe^{3+}) выше в горной породе, чем в молодой почве понижений. Наличие свободного железа, которое извлекается из молодой почвы и горной породы 0,2 Н HCl (по Кирсанову), находится в прямой зависимости от количества общей серы ($r=0,54$; $n=52$), так как сульфидсодержащие минералы марказит или пирит (FeS_2), троилит (FeS), халькопирит ($FeCuS$), которых много в рассматриваемых углистых сланцах, выветриваясь, пополняют растворы ионами Fe^{3+} в аэробных условиях (Ковда, 1973; Зонн, 1982).

В условиях кислой реакции в породе появляются растворимые формы Mn . В слое 0–20 см в среднем содержалось 14 мг/кг марганца, это немного меньше, чем в породе, где на той же глубине его было 17 мг/кг, тогда как в понижении в слоях

20–40 и 40–60 см концентрация марганца была почти в три раза больше, чем в верхнем слое. Такие значения в первую очередь связаны с процессами окисления в верхних слоях горной сульфидной породы. Основываясь на литературных данных, мы можем утверждать, что такие концентрации марганца в молодой почве не являются токсичными для растений (Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989).

Содержание обменных катионов, их состав и общая емкость поглощения являются важнейшими показателями свойств молодой почвы понижений и сульфидной горной породы. Их катионообменная способность будет обуславливать направление почвенных процессов и играть важную роль в корневом питании растений.

Молодая почва понижений и сульфидная горная порода имели низкую и очень низкую степень насыщенности основаниями. Доля Ca^{2+} в молодой почве понижений 43–73%, Mg^{2+} – от 3 до 53%, Na^+ – 0,1–1,5 % от суммы поглощенных оснований (таблица 5.10).

Содержание обменных водорода и алюминия зависит от pH: чем он ниже, тем выше концентрация H^+ и Al^{3+} . Максимальное количество этих катионов было на контроле – 63,4%, где pH был 2,93. Сумма поглощенных катионов в этом разрезе составляла 18,86 смоль(+)/кг, из которой 11,96 смоль(+)/кг приходилось на катионы H^+ и Al^{3+} . В молодой почве понижений максимальная сумма катионов H^+ и Al^{3+} была в разрезе 39 на глубине 0–20 см. Таким образом, содержание обменных H^+ и Al^{3+} обуславливающих сильноокислую реакцию значительно выше в сульфидной горной породе, чем в эмбриоземах.

5.4 Агрохимические показатели горной породы и молодой почвы понижений

Основным показателем протекания процессов формирования молодой почвы является содержание углерода. Определение общего углерода не дает достаточного представления о содержании собственно питательных веществ в

почвах на углевмещающих отвалах, поскольку шахтные породы содержат 2–7% углерода угля.

Наиболее информативным, по нашему мнению, показателем гумусного состояния молодых почв является содержание экстрагируемого углеолда.

Касаясь скорости гумусообразования и гумусонакопления, отметим лишь, что в данных условиях в молодых почвах понижений между буграми горной сульфидной породы в среднем за 13–14 лет накапливается 0,8–0,9 т/га гумуса в год, а интенсивность формирования гумусового горизонта (при его гумусированности 0,4%) – 1,7 см в год.

Таблица 5.10 – Состав поглощенных оснований в мелкозем (на абсолютно сухую навеску) молодой почвы и сульфидной горной породе

№ разреза и его местоположение	Слой, см	Обменные катионы, смоль(+)/кг						Сумма поглощенных катионов смоль(+)/кг	Обменные катионы, % от суммы						pH _{KCl}
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺	Al ³⁺		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺	Al ³⁺	
Межбугорные понижения (эмбриоземы)															
39	0–20	4,0	1,2	0,07	0,34	1,16	2,08	8,85	45,2	13,6	0,8	3,8	13,1	23,5	3,65
	20–40	4,6	0,2	0,05	0,18	0,46	0,80	6,29	73,1	3,2	0,8	2,9	7,3	12,7	3,92
	40–60	3,2	4,0	0,11	0,16	0	0	7,47	42,8	53,5	1,5	2,2	0	0	6,46
41	0–20	5,6	1,6	0,03	0,28	0,12	0,20	7,83	71,5	20,4	0,4	3,6	1,5	2,6	4,54
	20–40	5,2	2,0	0,03	0,16	0,02	0,03	7,44	69,9	26,9	0,4	2,1	0,3	0,4	4,99
44	0–20	6,0	2,0	0,10	0,59	0,04	0,07	8,8	68,2	22,7	1,1	6,7	0,5	0,8	5,31
	20–40	7,0	2,6	0,11	0,42	0	0	10,13	69,1	25,7	1,1	4,1	0	0	6,36
	40–60	5,6	5,6	0,01	0,18	0,02	0,03	11,44	48,9	48,9	0,1	1,6	0,2	0,3	5,80
Вершины бугров (контроль)															
39a	0–20	3,4	4,6	0,09	0,16	0,22	0,40	8,87	38,3	51,9	1,0	1,8	2,5	4,5	4,03
41a	0–20	2,2	4,6	0,08	0,02	4,30	7,66	18,86	11,7	24,4	0,4	0,1	22,8	40,6	2,96

Среднее содержание экстрагируемого углерода в профиле молодых почв составляет 0,19%, или 0,34% гумуса, а таковое в горных породах – 0,04, или 0,07% соответственно. По количеству гумуса молодые почвы понижий относились к слабогумусированным. Содержание органического вещества в эмриоземах в 5 раз выше, чем в породе, а по количеству общего углерода молодые почвы понижий беднее породы (таблицы 5.11, приложение А.4). Это не значит, что органическое вещество почвы образовалось только за счет детрита современной растительности. Экстрагируемый углерод мог содержаться как в ископаемом угле, так и образоваться под воздействием микроорганизмов при выносе породы на поверхность. Это положение подтверждается тесной корреляцией содержания экстрагируемого и валового углерода в шахтной породе (рисунок 5.1). Эти результаты подтверждают выводы П.Г. Адрихина с сотр. (1986) о том, что при выветривании и почвообразовании происходит не только деструкция реликтового органического вещества почв и горных пород, но и накапливаются и свежесформированные гумусовые кислоты.

Таблица 5.11 – Содержание общего и экстрагируемого углерода и запасы гумуса в молодой почве межбугорных понижий и в сульфидной горной породе

Местоположение разреза	Слой, см Запасы мелкозема, т/га	Экстрагируемый углерод, %				Гумус: содержание, % запасы, т/га 2010-2012 гг.	Собщий, % 2010- 2012 гг.
		Годы исследований					
		1998- 2000	2003- 2005	2009	2010- 2012		
Межбугорное понижение n=14	<u>0-20</u> 1848	0,31	0,16	0,25	0,25	<u>0,43</u> 8,00	3,74
	<u>20-40</u> 1701	0,20	0,14	0,13	0,18	<u>0,31</u> 5,28	3,71
	<u>40-60</u> 1442	0,10	0,13	0,24	0,16	<u>0,27</u> 4,00	4,49
Вершина бугра n=9	<u>0-20</u> 1201	0,15	0,03	0,07	0,07	<u>0,12</u> 1,45	6,29
	<u>20-40</u> 1400	0,13	0,03	0,04	0,03	<u>0,05</u> 0,70	5,40
	<u>40-60</u> 1410	0,03	0,02	0,03	0,03	<u>0,05</u> 0,51	3,10

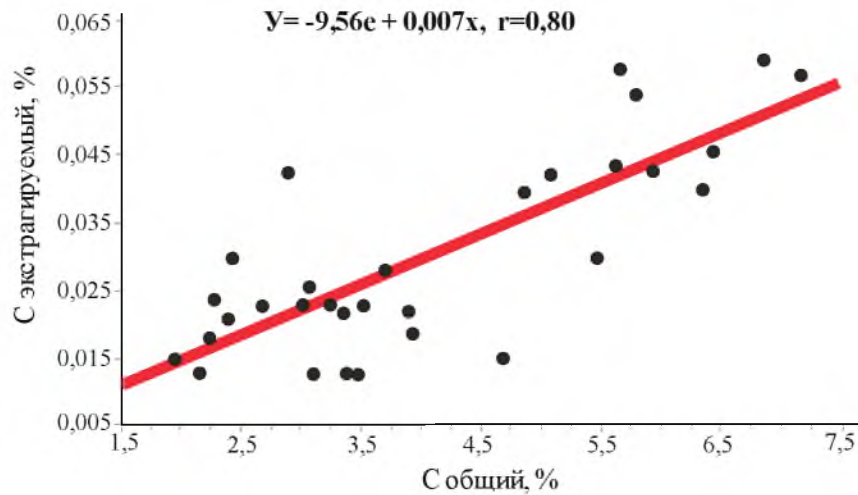


Рисунок 5.1 – Зависимость количества экстрагируемого из породы углерода от его валового содержания

Изучение сульфидной горной породы и молодой почвы понижений на шахтах Западного Донбасса ученые Никитского ботанического сада начали еще с начала 2000 гг. (Опанасенко, 2003). На графике (рисунок 5.2) наглядно видно, как изменялось содержание экстрагируемого углерода в сульфидной горной породе на вершинах бугров и в межбугорных понижениях под молодой почвой с годами. За 9 лет наблюдений количество экстрагируемого углерода увеличилось более чем в два раза. Такая положительная тенденция накопления экстрагируемого углерода в межбугорных понижениях в первую очередь связана с накоплением и разложением остатков древесно-кустарниковых и травянистых растений и смывом мелкозема с бугров.

Однако и содержание гумуса, определенное по экстрагируемому углероду и выраженное в процентах, не отражает истинную гумусированность почв и пород в силу различных запасов мелкозема. Поэтому рассчитали запасы гумуса в мелкоземе молодых почв и в сульфидной горной породе в тоннах на гектар (таблица 5.11). Оказалось, что если судить по запасам гумуса, то в межбугорных понижениях их в 6,5 раз больше, чем на контроле.

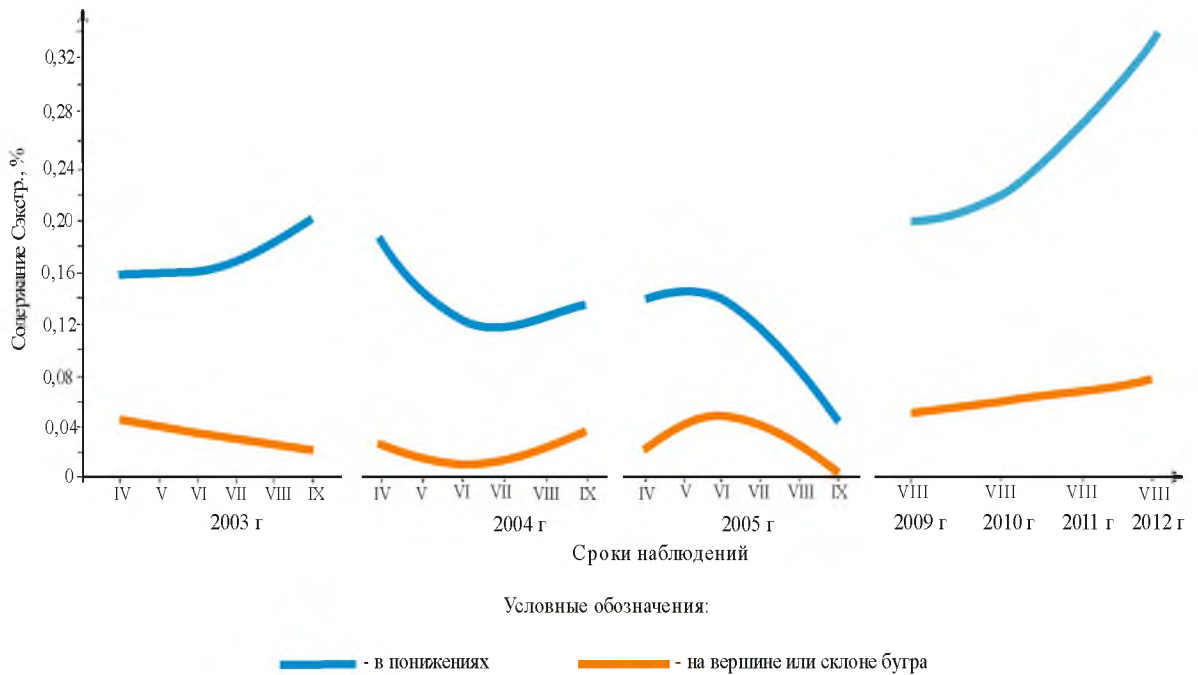


Рисунок 5.2 – Содержание экстрагируемого углерода в молодой почве понижений и сульфидной горной породе на вершине или склонах бугров

Результаты наших исследований показали, что наибольшие запасы гумуса были в понижении под *Forsythia × intermedia* Zabel и в слое 0–60 см составили 24 т/га. Вторым по величине этот показатель был под *Prunus armeniaca* L. – 15,3 т/га, а меньше всего запасов гумуса было под рабинией лжеакацией – 9,4 т/га в слое 0–60 см. Как видно, разница между самым низким показателем в понижении под древесно-кустарниковыми растениями (9,4 т/га) и сульфидной горной породой со склонов и вершин бугров (2,7 т/га) составила в среднем почти 7 тонн.

Исходя из вышесказанного, следует, что в сульфидной горной породе за 25 лет после завершения отсыпки отвала всё ещё протекают процессы окисления что, вызывает значительное снижение рН солевой вытяжки, развивается обменная кислотности и накапливается большого количества подвижного алюминия. В результате чего порода непригодна долгое время для растений.

В понижениях за счет дополнительного привнесения мелкозема и влаги происходит процесс почвообразования. Значительно улучшились физико-химические, химические и агрохимические свойства мелкозема молодых почв

понижений. В понижениях создались благоприятные условия для начала процессов автогенной сукцесии.

5.5 Водно-физические свойства молодой почвы понижений и сульфидной горной породы

Состояние, декоративность и долговечность насаждений на отвалах зависят во многом от водообеспеченности. Последняя определяется как климатическими условиями и наличием орошения, так и водно-физическими свойствами, из которых наиболее важными являются водопроницаемость, наименьшая влагоемкость (НВ), диапазон активной влаги (ДАВ).

При отмеченных ранее показателях физических свойств, порода характеризовалась удовлетворительной в агрономическом аспекте водопроницаемостью по шкале Н.А. Качинского: за первый час наблюдений в слое 0–20 см она пропустила в среднем 51,94 мм воды (таблица 5.12). После первого часа опыта водопроницаемость породы резко снизилась и в дальнейшем снизилась до 1 мм/мин (рисунок 5.3). Молодая почва понижений в верхних слоях во всех разрезах за это же время имела хорошую и наилучшую водопроницаемость – 73,21–183,84 мм воды, но с глубиной водопроницаемость значительно уменьшалась. В слое 40–60 см в разрезе 44 она была неудовлетворительной, а во всех остальных была удовлетворительной и составила в среднем за первый час наблюдений 37,94 мм воды. Такое снижение водопроницаемости связано, в первую очередь, с высокой плотностью нижележащих слоев.

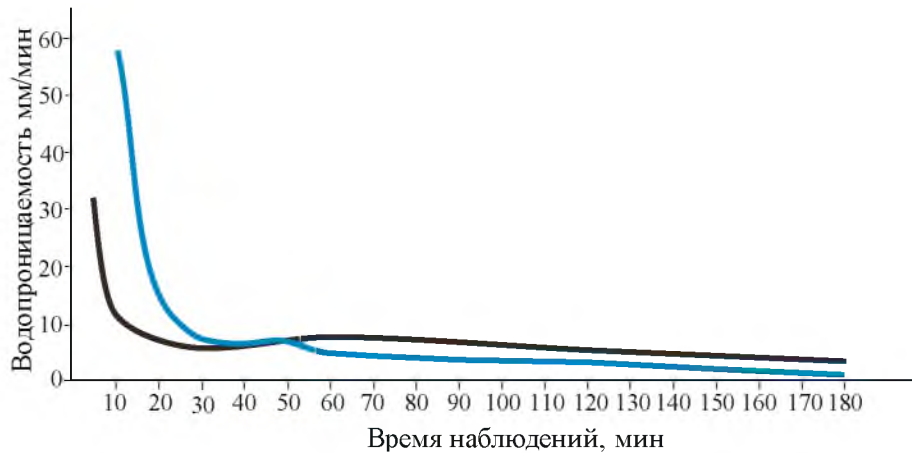


Рисунок 5.3 – Водопрооницаемость сульфидной горной породы (черная линия) и эмбриоземов (синяя линия) понижений

Влага, определяемая как максимальная гигроскопичность (МГ), недоступна растениям, всасывающая сила корней которых не может преодолеть силы поверхностного натяжения. Количество этой влаги во многом зависит от степени раздробленности твердой фазы почвы, от содержания коллоидов и гумуса. Молодая почва понижений в слое 0–20 см была достаточно гигроскопичной, МГ составляла в среднем 4,6%, в то время как в горной породе она была в среднем 3,9%. Это связано с тем, что мелкие частицы под действием осадков и сил гравитации перемешались в понижении и накапливались там. Но с глубиной максимальная гигроскопия уменьшалась и доходила до 3,7%.

Наименьшая влагоемкость (НВ) – важнейшая характеристика водных свойств почвы. Для молодых почв понижений НВ во всех разрезах в слое 0–20 см составила в среднем почти 26%, а в контрольных разрезах на этой же глубине этот показатель в среднем составлял 16%. Такое же среднее содержание НВ было и в стационарных разрезах глубже 20 см (таблица 5.12). Разница в 10% обусловлена, в первую очередь, высокой плотностью сложения и низкой порозностью.

Однако признаки завядания у растений начинают проявляться еще до того, как в почве останется только гигроскопическая вода. Устойчивое завядание растений называется влажностью завядания (ВЗ). Показатель ВЗ как в породе, так

и в молодой почве понижений в слое 0–20 см был невысоким. Все же влажность завядания в молодой почве была на 0,36% больше, чем на контроле, но с глубиной этот показатель незначительно снизился (таблица 5.12).

Объем продуктивной (доступной для растений) влаги составляет разницу между наименьшей влагоемкостью (НВ) и влажностью завядания (ВЗ). Как видно из таблицы 5.5.1, доступная влага для растений в некоторых разрезах почти в 3,5 раза больше в слое 0–20 см, чем в контроле на той же глубине. Доступная влага для растений в некоторых разрезах достигала почти 25%, тогда как в горной породе на такой же глубине этот показатель в среднем составлял 10%. Количество доступной влаги для растений в молодой почве понижений в 2,5 раза больше в слое 0–20 см, чем в контроле на той же глубине. Такого количества влаги достаточно для нормального роста и развития трав, кустарников и деревьев в понижениях на молодых почвах (Новицкий, 2016).

Диапазон активной влаги (ДАВ) в слое 0–20 см в породе был неудовлетворительным и составил в среднем 11,7 мм, а в молодой почве понижений этот показатель был хорошим – 41 мм (таблица 5.12).

В результате изучения водно-физических свойств сульфидной горной породы и молодой почвы понижений установлено, что в заросших травами понижениях за счет дополнительного привнесения влаги с возвышений улучшились водные свойства мелкозема. В молодой почве понижений по сравнению с контролем заметно возросла водопроницаемость (до 184 мм за первый час наблюдений), увеличилась наименьшая влагоемкость и диапазон активной влаги. В совокупности с другими свойствами все это позволило успешно выращивать наиболее устойчивые к таким экотопам виды древесно-кустарниковых растений.

5.6 Водный режим

Основными источниками поступления воды в почву являются атмосферные осадки, конденсация парообразной воды из атмосферы и грунтовые воды (Роде, 1963).

Известно, что не вся влага, которая выпадает в виде атмосферных осадков попадает в почву. Из-за угла наклона поверхности отвала жидкие осадки могут стекать. Количество потерь влаги зависит от интенсивность и количества поступающих осадков, физические свойства почвы, а также степень проективного покрытия почвы растениями (Андроханов, Курачев, 2010). Распределение твердых осадков достаточно неравномерно вследствие ветропереноса, снегозадерживающей способности растений и различного рода преград.

Изучение водного режима сульфидной горной породы и молодой почвы понижений за три вегетационных периода показало, что запасы продуктивной влаги в корнеобитаемых слоях изменялись во времени в соответствии с выпавшими осадками и температурными условиями (рисунок 5.4).

Основная масса корней древесных и кустарниковых растений на отвале была сосредоточена в слое 0–60 см. Образцы на влажность отбирали в апреле, августе и октябре с 2010 по 2012 гг. в понижениях под ясенем зеленым, тамариксом четырехтычинковым и робинией лжеакацией. В связи с этим были рассчитаны запасы продуктивной влаги под этими культурами за данный период и оценены по шкале А.Ф. Вадюниной и З.А. Корчагиной (1986).

В первый год наблюдений в апреле месяце выпало 34,4 мм осадков, ГТК по Селянинову был 0,89, запасы продуктивной влаги в корнеобитаемом слое колебались от 9 до 28 мм. Распределение продуктивной влаги по слоям было фактически равномерным, это связано с пополнением запасов весной талыми водами. Продуктивной влаги в сульфидной горной породе в слое 0–40 см было 5 мм,

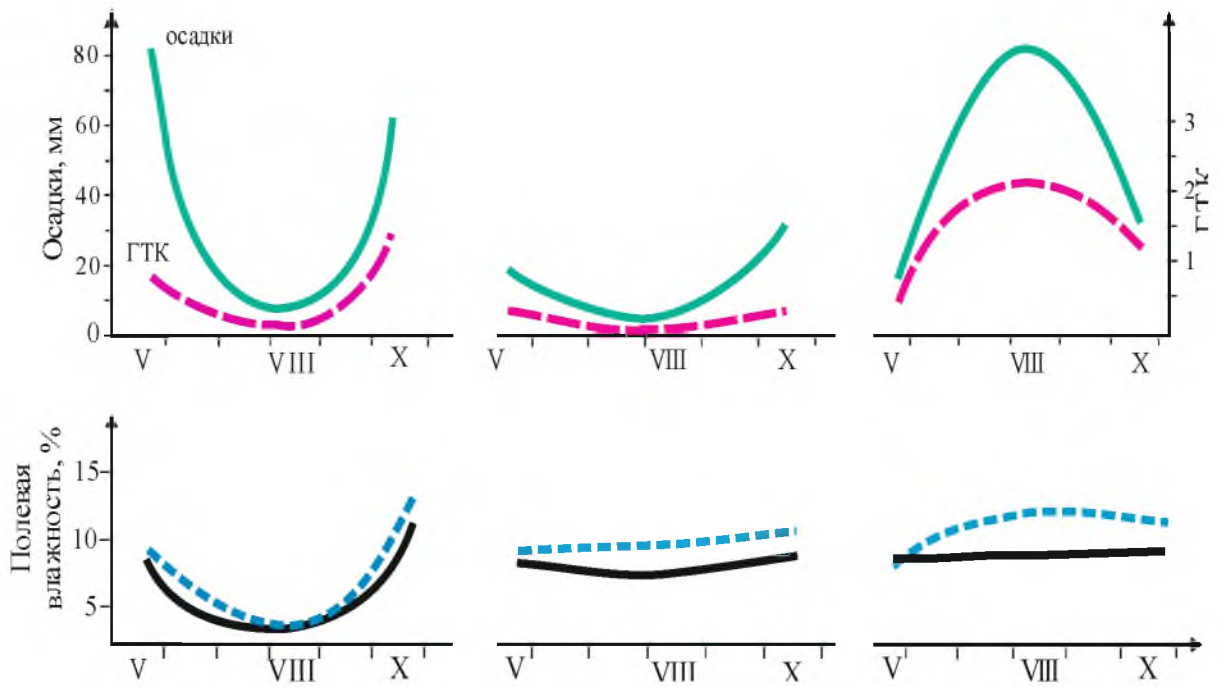


Рисунок. 5.4 – Осадки, ГТК и полевая влажность сульфидной горной породы — и молодой почвы понижений -----

что на 1 мм меньше, чем в молодой почве в том же слое под тамариксом (приложения таблица А.5).

В августе выпало 7,7 мм осадков, ГТК по Селянинову был 0,1, поэтому запасы продуктивной влаги в молодой почве в слое 0–60 см были низкими – 2,5–3,0 мм. В сульфидной горной породе в этот период было 0,14 мм продуктивной влаги в слое 0–40 см.

Количество выпавших осадков в октябре было 64,3 мм. Запасы продуктивной влаги молодой почвы в слое 0–60 см были 22–60 мм. На контроле запасы продуктивной влаги в слое 0–40 см составляли 9 мм.

Во второй год наблюдений в апреле выпало 29,6 мм осадков, это почти на 5 мм меньше чем в предыдущем году в этот же период. Но, несмотря на это, запасы продуктивной влаги в понижениях под всеми культурами были немного выше. Это связано с пополнением запасов влаги в зимне-весенний период. В породе этот показатель по сравнению с предыдущим годом наблюдений почти не изменился (таблица приложение А.5).

Август второго года наблюдений был засушливым, выпало всего 3,4 мм осадков. Запасы продуктивной влаги под ясенем обыкновенным и робинией лжеакацией в слое 0–60 см были 33 и 30 мм соответственно. Это связано с тем, что в предыдущем месяце выпало 61,3 мм осадков, понижения, где находились разрезы, были непосредственно под деревьями, куда не попадали солнечные лучи. Запасы продуктивной влаги под тамариксом четырехтычинковым в том же слое были всего 2 мм. Такое количество продуктивной влаги обусловлено тем, что разрез находился на открытой площадке, в результате происходило интенсивное испарение с поверхности, а также влага расходовалась растениями. На сульфидной породе запасы продуктивной влаги в слое 0–40 см составляли 3,4 мм.

В октябре месяце запасы продуктивной влаги во всех разрезах на молодой почве с глубиной уменьшались. Это связано с незначительными осадками в предыдущем месяце. Запасы продуктивной влаги молодой почвы в слое 0–60 см были 17–38 мм, на контроле в слое 0–40 см – 5 мм.

Апрель месяц 2012 г по классификации Селянинова характеризовался как очень засушливый. Запасы продуктивной влаги под тамариксом и ясенем были всего 6–8 мм, под робинией – 24,5%. Вероятно, под робинией такие большие запасы продуктивной влаги можно объяснить тем, что по мере разрастания высаженных деревьев нарастает сомкнутость крон и вследствие этого создается большая затененность что. Сульфидная горная порода содержала 7 мм продуктивной влаги.

В августе выпало избыточное количество осадков – 148 мм. Запасы продуктивной влаги под всеми культурами в слое 0–60 см были 27–80 мм. На контроле, несмотря на большое количество осадков, продуктивной влаги было всего 7,4 мм.

Запасы продуктивной влаги в октябре на молодой почве понижений составили 20–49 мм, на контроле – 7 мм.

Анализируя вышесказанное, можно утверждать, что запасы продуктивной влаги в 2010–2012 гг. были неудовлетворительными почти под всеми культурами,

лишь в августе и октябре 2012 г. удовлетворительные в слое 0–20 см под *Robinia pseudoacacia* L.

Запасы влаги в эмбриоземах зависят от количества осадков и температурного режима. В холодный период года в почве накапливается влага которой достаточно для начала вегетации. В жаркий период кроме потребления влаги растениями ещё и возрастает расход влаги за счет физического испарения. Это приводит к снижению влаги в верхней части профиля под всеми культурами. Сульфидная горная порода в разные годы обладала низким запасом влаги, это связано в первую очередь с ее неблагоприятными физическими свойствами.

5.7 Динамика подвижных форм основных питательных веществ

Определенное представление о динамике питательно режима дает рисунок 5.5, на котором показано изменение содержания подвижных форм азота, фосфора и калия в корнеобитаемом слое на молодой почве понижений и сульфидной горной породе за все годы наблюдений.

Содержание азота в молодой почве понижений определяет уровень ее формирования. Аккумуляция азота в горных породах является хорошим индикатором начавшегося процесса почвообразования, так как в горной породе азота практически нет. Так, по данным А.П. Виноградова, приведенным в справочнике по геохимии Г.В. Войткевича и др. (1977), среднее содержание азота в кислых породах составляет 0,002 %. В почвах же содержание азота в гумусовых горизонтах в 10–300 раз больше.

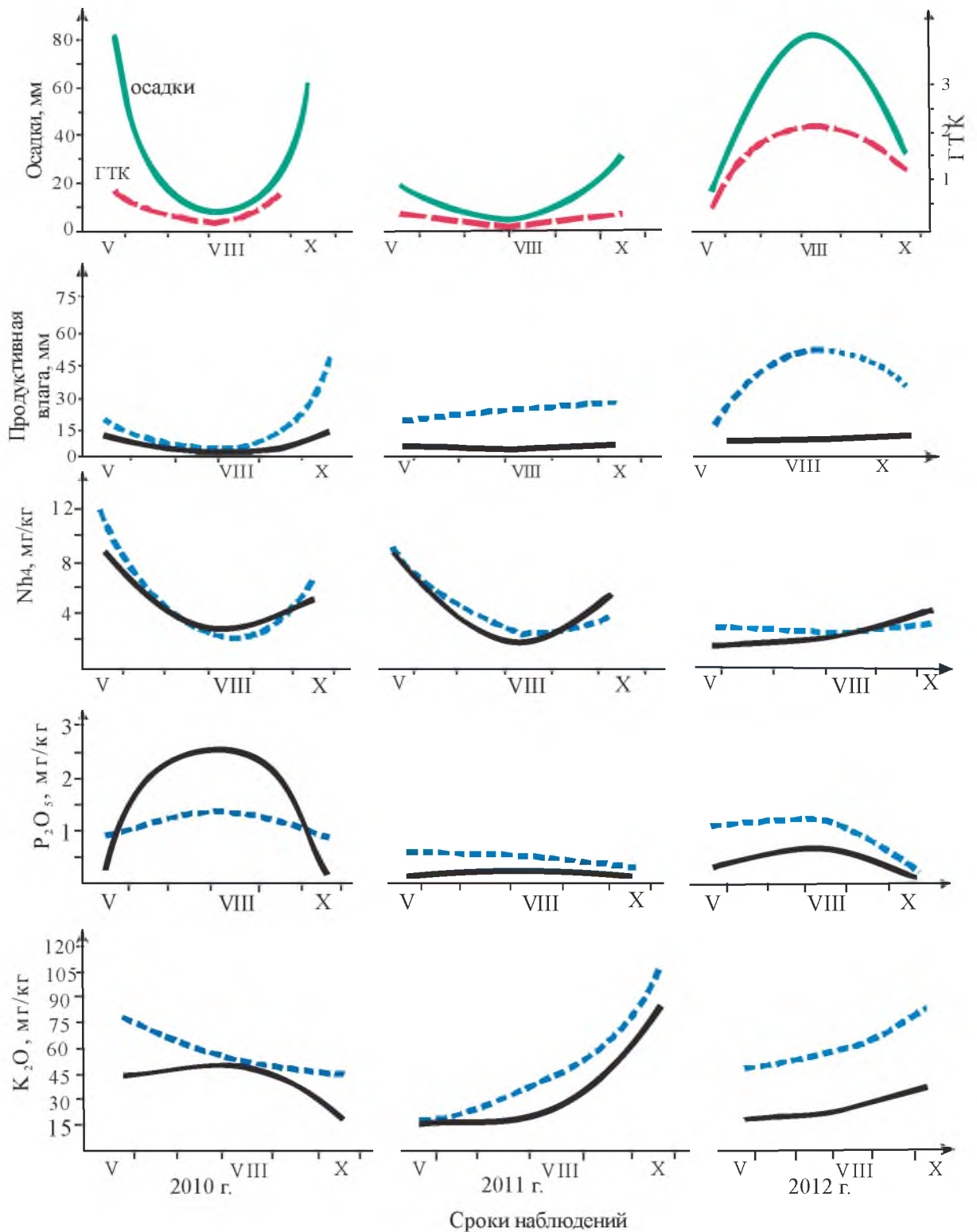


Рисунок 5.5 – Динамика осадков, ГТК, полевой влажности и подвижных форм N, P, K в слое 0-60 см м сульфидной горной породы — и молодой почвы ---- понижений на шахте «Першотравнева»

Таким образом, проследив за динамикой накопления азота на начальных стадиях почвообразования и оценив его запасы, можно судить о потенциальном плодородии молодых почв понижений.

В молодой почве понижений и в сульфидной горной породе присутствовали как аммиачный, так и нитратный азот. Нитратного азота как в молодой почве понижений, так и в горной породе было незначительное количество, а порой он и вовсе отсутствовал. В молодой почве это, в первую очередь, связано с интенсивным его потреблением растениями. Незначительное содержание нитратного азота в контроле связано с неблагоприятными физико-химическими свойствами самой породы. Так как накопление азота обусловлено жизнедеятельностью населяющих почву организмов, то основная часть азотсодержащих веществ оказывается в виде его органических соединений. Растения для своего роста и развития используют лишь азот, который в почве находится в минеральной форме.

Что же касается подвижного фосфора и обменного калия (рисунок. 5.5), то по существующей в агрохимии шкале обеспеченности, почвы и породы характеризуются очень низкой степенью обеспеченности по подвижному фосфору и низкой – по обменному калию. Меньшую обеспеченность молодой почвы подвижным фосфором можно объяснить не только большей его адсорбцией растениями, но и большей вероятностью его связывания подвижным алюминием, концентрация которого в породе была ниже.

Таким образом, в молодой почве понижений содержится незначительное количество азота, но отмечается тенденция к его накоплению. Это зависит от действия азотфиксирующих микроорганизмов, физических и физико-химических и химических свойств эмбриоземов. Проследив за динамикой накопления азота на начальных стадиях почвообразования и оценив его запасы, можно судить о потенциальном плодородии молодых почв понижений.

Низкое содержание подвижного фосфора в молодых почвах можно объяснить не только адсорбцией растениями, но и вероятностью связывания подвижным алюминием. Вместе с тем, как показали наши исследования, такие концентрации калия и фосфора обеспечивают достаточную продуктивность древесных и травянистых растений на молодых почвах понижений.

РАЗДЕЛ 6 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННО-ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И КАРБОНАТНОГО СУГЛИНКА В ОПТИМИЗАЦИИ БИОЭКОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СУЛЬФИДНЫХ ШАХТНЫХ ОТВАЛОВ

6.1 Использование отходов древесно-перерабатывающей промышленности для изменения свойств и показателей сульфидной породы

Формирование техногенных ландшафтов на землях, нарушенных угольной промышленностью, обусловлено интенсивным отвалообразованием. Сульфидсодержащие шахтные породы характеризуются отрицательными физическими и химическими свойствами, что делает ее непригодной для биологического освоения. Для успешной фитомелиорации сульфидной породы необходима искусственная регенерация почвенного покрова. Наиболее эффективным, на наш взгляд, является нейтрализация фитотоксичности породы карбонатным суглинком и улучшение ее свойств и показателей внесением в нее легкодоступных отходов промышленно-хозяйственной деятельности: древесные опилки (ДО) и осадки хозяйственных стоков (ОХС).

Установлено, что при внесении карбонатного суглинка и ДО через 11 лет после плантажа произошла усадка в среднем на 10 см и мощность корнеобитаемого слоя такого техногенного субстрата уменьшилась до 50 см. Произошло интенсивное выветривание скелетных фракций горной породы (аргиллитов, глинистых сланцев песчаников) и техногенного субстрата до мелкоземистой размерности.

По классификации техногенные субстраты с ДО отнесены к среднескелетным видам (таблица 6.1). Благодаря внесению мелиорантов количество скелетных фракций уменьшилось в 3 раза по отношению к контролю.

Таблица 6.1 – Показатели физических свойств сульфидной горной породы с внесенными различными отходами промышленно-хозяйственной деятельности, опытный участок 0,25 га. 2002–2012 гг.

Варианты опыта, № разрезов	Слой, см	Скелет, % от объема	Объемная масса, г/см ³		Запасы мелкозема, т/га	Удельная масса, г/см ³	Порозность, %	
			общая	мелкозема 2002 г./2012 г.			общая	мелкозема
ГП** (Контроль) n=3	0–20	40	1,55	1,39/1,36	1632	2,55	40	37
	20–50	45	1,62	1,44/1,45	2392	2,67	40	46
	0–50	$\bar{X}^* = 42$			$\Sigma^* = 4024$			
ГП+КС+ОХС n=3	0–20	12	1,35	1,06/1,26	2218	2,48	50	53
	20–40	8	1,49	1,30/1,44	2650	2,65	44	45
	40–50	24	1,55	/ 1,43	1087	2,59	38	39
	0–50	$\bar{X} = 15$			$\Sigma = 5955$			
ГП+КС+ДО n=3	0–20	7	1,30	1,11/1,28	2381	2,56	50	52
	20–40	8	1,46	1,27/1,42	2613	2,50	42	44
	40–50	27	1,32	/ 1,16	847	2,71	52	58
	0–50	$\bar{X} = 14$			$\Sigma = 5841$			

* \bar{X} – среднее арифметическое; Σ – сумма.

** – ГП – горная порода, КС – карбонатный суглинок, ОХС – осадки хозяйственных стоков, ДО – древесные опилки.

Произошло выветривание скелетных частиц в техногенных субстратах под воздействием мелиорантов, корней травянистой и древесно-кустарниковой растительности. Кроме того при землевании породы мелкоземистыми мелиорантами произошло соответствующее уменьшение скелетности субстратов.

Наиболее важным показателем в экологическом отношении, является объемная масса (плотность сложения). Сульфидная горная порода обладала высокой плотностью сложения, особенно в слое 20–50 см. Установлено также, что в сравнении с 2002 г., в 2012 г. со временем она почти изменилась. А вот техногенный субстрат по плотности с момента плантажа и к 2012 г. существенно ухудшился, как в верхнем 20-сантиметровом слое, но особенно сильно уплотнились слои 40–50 см, что ограничило проникновение в этот слой корней некоторых деревьев и кустарников. В связи с этим величина объемной массы мелкозема варианта ГП+КС+ДО 1,50–1,55 г/см³ принята нами за предельно допустимую, а >1,55 г/см³ – за критическую для высаженных растений. В нашем случае техногенный субстрат был уплотнен только в слое 20–40 см, что не повлияло на распространение корневой системы древесно-кустарниковых растений.

Мелкозем техногенного субстрата обладал хорошей порозностью она колебалась от 44 до 58% (таблица 6.1). Известно, что при снижении скважности до 38–35% многие виды декоративных деревьев испытывают недостаток воздуха. На исследованном варианте опыта таких значений порозности не наблюдалось. В то время как контрольный вариант в слое 0–20 см обладал неудовлетворительной порозностью.

Основнымместилищем элементов питания, влаги и корней растений является мелкозем, а потому для расчета запасов мелкозема необходимо определять плотность сложения мелкозема, а не общей массы субстрата. Различия объемной массы всего образца и мелкозема бывают большими, что приводит к ошибкам в расчетах запасов мелкозема и других показателей.

Как и следовало предполагать, запасов мелкозема в полуметровых слоях показало, что по сравнению с контролем в техногенном субстрате их больше на 1817 т/га (на 45%) в варианте с опилками (таблица 6.1).

Гранулометрический состав мелкозема сульфидной породы был тяжелосуглинистый крупнопылевато-песчаный. Количество ила в ней 12%. Окарбоначенная порода с опилками характеризовалась тяжелосуглинистым песчано-иловатым составом с преобладанием илистых фракций (24%).

Установлено, что внесение и смешивание с сульфидной породой на глубину плантажного слоя карбонатного суглинка и древесных опилок повысило илистость субстрата в 2 раза. Кроме этого по отношению к контролю уменьшилось содержание пыли средней на 5%. Известно, что пыль средняя является дефляционно-опасной. Внесение и смешивание с сульфидной породой на глубину плантажного слоя карбонатного суглинка и древесных опилок повысило илистость техногенного субстрата, улучшило сбалансированность всех гранулометрических фракций мелкозема и уменьшило количество пылеватых фракций, в том числе и дефляционно опасной пыли средней.

Внесение в сульфидную горную породу карбонатного суглинка с древесными опилками и последующее тщательное их перемешивание значительно улучшили физико-химические и химические свойства породы.

Содержание валовой серы в горной породе в профиле составило 0,87%. В процессе смешивания породы и карбонатного суглинка и ДО содержание серы уменьшилось (таблица 6.2).

При кислотности pH_{KCl} 4 и ниже в породе накапливался подвижный алюминий, концентрация которого была на контроле 40,32 мг/кг, что наряду с поглощенным водородом обусловило обменную кислотность 2,82 смоль(+)/кг и повысило кислотность породы до 2,90 pH_{KCl} . На варианте с ДО в слое 0–40 см pH_{KCl} был нейтральный. Но с глубиной pH_{KCl} резко меняется и становится очень сильно кислым. С увеличением кислотности увеличивается и количество подвижного алюминия. Эти показатели тесно связаны между собой ($r=0,98$, $n=44$), поскольку обменная кислотность на 79% определяется содержанием подвижного

Таблица 6.2 – Физико–химические и химические свойства мелкозема техногенных субстратов и сульфидной горной породы на участке шахтного отвала

№ разреза и, вариант опыта	Глубина, см	pH _{водн.}	pH _{KCl}	CaCO ₃ , %	S валовая, %	Кислотность, смоль(+)/кг		Подвижный Al ³⁺ , мг/кг	Подвижные формы, мг/кг	
						гидролитическая	обменная		Fe ³⁺	Mn ⁴⁺
ГП (Контроль)	0–20	3,45	2,90	0	0,87	9,44	2,82	40,32	116,88	9,88
	20–50	4,10	3,32	0,20	0,21	6,54	1,15	18,52	113,89	16,56
ГП+КС+ДО	0–20	7,98	6,94	4,50	0,01	0	0	0	2,13	90,00
	20–40	7,94	7,22	1,52	0,26	0	0	0	10,50	8,92
	40–50	4,11	3,33	0,23	0,21	6,53	1,14	18,45	112,87	16,41
ГП+КС+ОХС	0–20	7,65	7,27	3,09	0,10	0	0	0	13,70	8,96
	20–40	7,26	7,10	2,11	0,61	0	0	0	11,37	7,89
	40–50	4,07	3,50	0,08	0,89	5,73	0,78	12,24	140,97	1,62

алюминия (6.2). Увеличение кислотного комплекса в нижележащих слоях является одним из ограничивающих факторов распространения корней деревьев и кустарников в эти слои.

Количество подвижных форм железа (Fe^{3+}) в слое с развитым кислотным комплексом достигало 141 мг/кг, а в оптимизированной карбонатным суглинком и опилками слое в среднем 42 мг/кг. Наличие свободного железа, которое извлекается из субстрата и горной породы 0,2 Н НСl (по Кирсанову), находится в прямой зависимости от количества общей серы ($r=0,54$; $n=52$), так как сульфидсодержащие минералы марказит или пирит (FeS_2), троилит (FeS), халькопирит (FeCuS), которых много в рассматриваемых углистых сланцах, выветриваясь, пополняют растворы ионами Fe^{3+} в аэробных условиях.

Количество карбоната кальция в отсыпанном суглинке в слое 0–50 см в среднем было 5%, а при перемешивании суглинка с породой количество CaCO_3 уменьшилось и составило в среднем 2%, то есть произошло его «разбавление» породой.

При добавлении в горную породу карбонатного суглинка и различных мелиорантов почвенный поглощающий комплекс (ППК) претерпел количественные и качественные изменения. Возросла поглощательная способность, увеличилась сумма поглощенных оснований с 8 смоль(+)/кг в горной породе до 15 смоль(+)/кг в варианте с ДО. Из сорбционного комплекса техногенного субстрата в значительной мере вытеснялся натрий и замещался кальцием, что улучшило некоторые водно-физические свойства и структуру субстрата. Техногенный субстрат был значительно обогащен катионами кальция до 78% и магния до 73% от суммы обменных катионов. Содержание натрия в среднем менее 0,3% от емкости обмена. Таким образом, кальцийсодержащий мелиорант не только нейтрализовал кислотность сульфидсодержащей породы, снизил степень солонцеватости субстрата, но и улучшил почвенный поглощающий комплекс.

Анализ водной вытяжки показал, что вариант с опилками по сумме легкорастворимых солей не засолен. В одном из разрезов в слое 20–40 см была

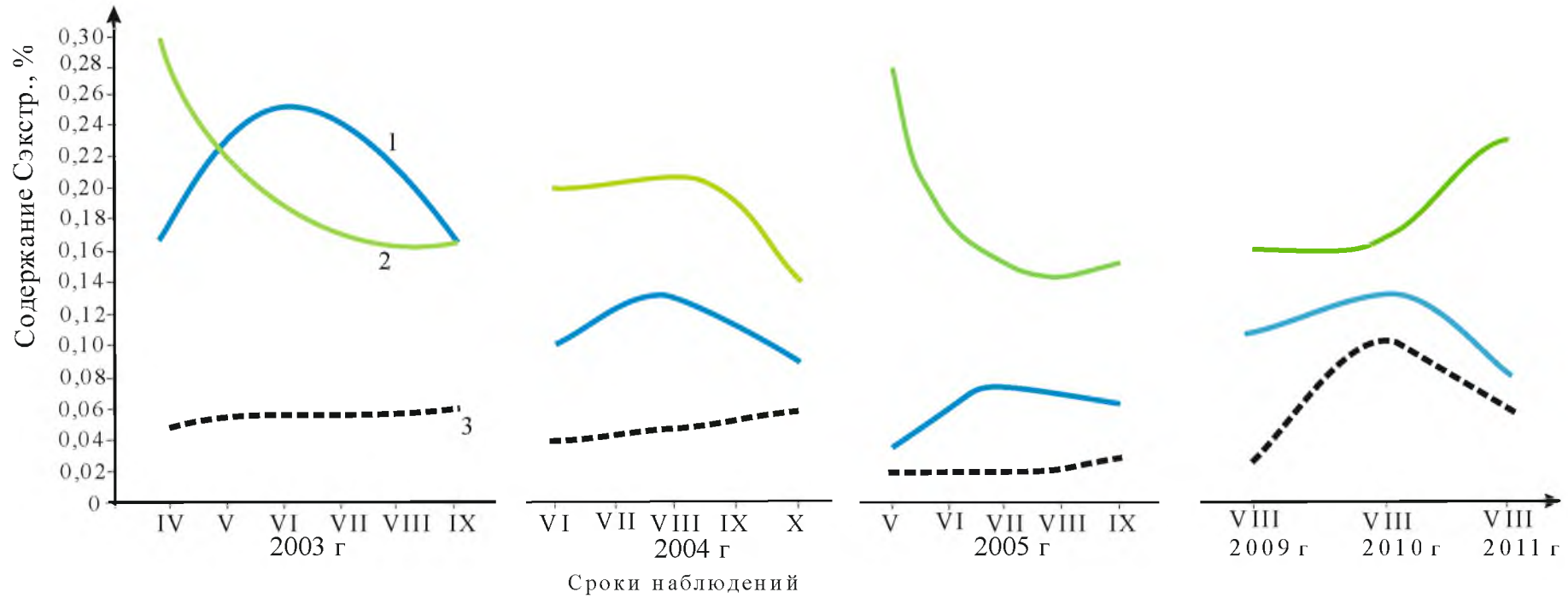
обнаружена в небольшом количестве (0,002%) наиболее токсичная для растений соль – сода. Количество карбонатов натрия и магния (0,002%) не превышало допустимых значений (<0,005%). По данным Е.С. Мигуновой, такая концентрация легкорастворимых солей позволяет выращивание солевыносливых деревьев и кустарников в условиях недостаточного увлажнения (Мигунова, 1985).

Как известно, аргиллиты, выступающие в качестве почвообразующей породы, отличаются повышенным содержанием валовых форм фосфора и калия, а также общего углерода и азота в составе медленно окисляющихся твердых частиц угля. Темпы накопления экстрагируемого углерода и N, P, K в доступных для растений формах является показателем интенсивности почвообразовательного процесса.

На наш взгляд показателем гумусного состояния молодых техногенных почв является содержание экстрагируемого углерода.

Характеризуя содержание экстрагируемого углерода на опытном участке, отметим, что в завезенном и отсыпанном на породу карбонатном суглинке уже изначально было от 0,34 до 0,81% гумуса, в то время как в свежесыпанной сульфидной горной породе гумусовых веществ было не более 0,05%.

Техногенный субстрат по содержанию гумуса был слабогумусированным. Если посмотреть на динамику накопления экстрагируемого углерода в нашем варианте по отношению к контролю, то видно, что за 9 лет его количество было небольшим, но просматривается тенденция к его увеличению (рисунок 6.1). Особенно верхний 20-ти см слой, где содержалось в среднем 0,20%, что почти в два раза больше, чем на контроле в том же слое. Интенсивное накопление экстрагируемого органического углерода в первую очередь связано с разложением подземной части травянистой растительности. Содержание экстрагируемого углерода выраженное в процентах, не отражает истинное богатство или бедность техногенных субстратов и пород органическим веществом в силу различных запасов мелкозема, вызванных различной скелетностью.



Варианты опыта:
 1-горная порода(ГП)+карбонатный суглинок(КС)+опилки,
 2-ГП+КС+осадки хозбытовых стоков,
 3-ГП(контроль)

Рисунок 6.1 – Динамика содержания экстрагируемого углерода в техногенных субстратах и в сульфидной горной породе на сульфидсодержащем шахтном отвале

Во избежание таких методических ошибок, мы рассчитали запасы гумуса в мелкоземел техногенного субстрата и в сульфидной горной породе в тоннах на гектар. Было установлено, что запасы гумуса в субстрате с ДО в 4,5 раза больше, чем на контроле.

Изучение водного режима сульфидной горной породы и техногенных субстратов за три вегетационных периода показало, что запасы продуктивной влаги в корнеобитаемых слоях изменялись во времени в соответствии с выпавшими осадками и гидротермическими условиями (рисунок 6.2).

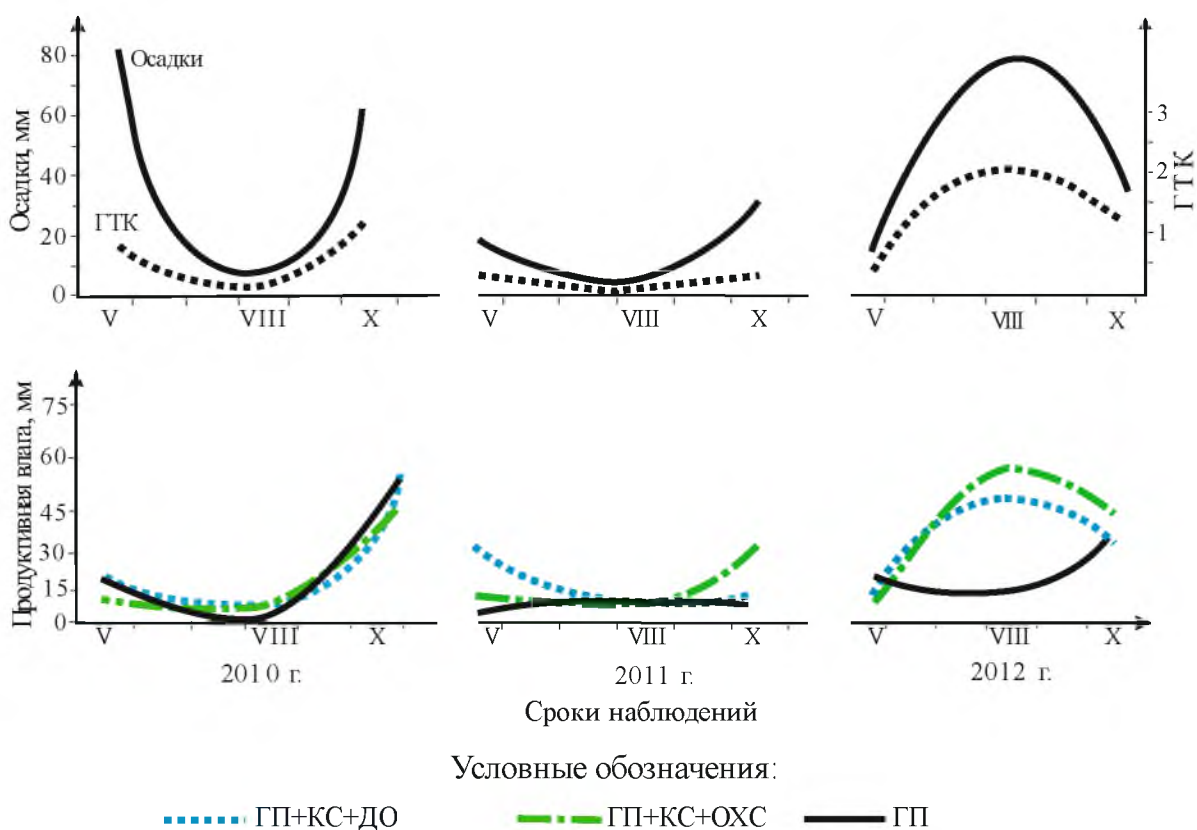


Рисунок 6.2 – Динамика осадков, ГТК и продуктивной влаги в слое 0–60 см сульфидной породы и техногенного субстрата

Как видно из графика, запасы влаги зависят от количества осадков и температурного режима. В зимне-весенний период в почве накапливается достаточный запас влаги для начала вегетации. В летний период резко возрастает расход влаги за счет потребления её растениями и физического испарения. Это

приводит к снижению влаги в верхней части профиля под всеми культурами. В холодный период, за счет снижения физического испарения и прекращением потребления влаги растениями, понижения температуры воздуха накопление влаги в нижней части почвенного профиля.

Внесение карбонатного суглинка и древесных опилок способствовало созданию благоприятных эдафических условий для выращивания древесно-кустарниковой растительности. Биометрические показатели и декоративность растений в баллах показана в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Показатели высоты, диаметра кроны, окружности штамба и декоративности древесных и кустарниковых пород (среднее из 5 растений каждого вида) на опытно участке шахтного отвала с добавлением ДО

Видовое название	Высота растений, м	Диаметр проекции кроны, см	Окружность ствола, см	Декоративность, баллы
<i>Gleditsia triacanthos</i> L	3,0	200	10	3
<i>Tamarix tetrandra</i> Pall. ex M.Bieb.	3,9	140	–	3,5
<i>Symphoricarpos albus</i> (L.) S.F.Blake	0,9	100		4
<i>Elaeagnus commutata</i> Bernh. ex Rydb.	5,5	270	39	4
<i>Catalpa bignonioides</i> Walter	2,2	180	30	3
<i>Spiraea vanhouttei</i> (Briot) Zabel	0,9	75	–	3,5
<i>Pyracantha cremulata</i> (Roxb. ex D.Don) M.Roem.	1,0	75		4
<i>Pinus nigra subsp. Pallasiana</i> (Lamb.) Holmboe	1,9	150	35	4
<i>Acer platanoides</i> L.	2,1	120	24	4

Растения *Gleditsia triacanthos* L и *Catalpa bignonioides* Walter оказались менее приспособленными к таким эдафическим условиям, что показывают шкала декоративности и биометрические показатели. Жизненное состояние остальных высаженных растений на техногенном субстрате было хорошим.

Кроме этого, нами была проведена раскопка корневой системы некоторых видов древесных растений (таблица 6.4). Из данной таблицы видно, что в большей степени корни осваивают слой 0–40 см. Это связано с тем, что слой 40–

60 более уплотнен, в нем содержится меньше экстрагируемого углерода, чем в верхнем слое и реакция почвенной среды менее благоприятна.

Таблица 6.4 – Количество «срезов» корней 15-летних древесно-кустарниковых растений на техногенном субстрате шахтного отвала

Варианты опыта	Слой почвы, см	Проводящие корни		Всасывающие корни	
		шт.	%	шт.	%
<i>Tamarix tetrandra</i> Pall. ex M.Bieb.					
ГП+КС+ ДО	0–20	2	20	23	44
	20–40	7	70	27	52
	40–60	1	10	2	4
	0–60	10	100	52	100
<i>Platycladus orientalis</i> (L.) Franco					
ГП+КС+ ДО	0–20	1	17	41	47
	20–40	4	66	34	38
	40–60	1	17	13	15
	0–60	6	100	88	100
<i>Elaeagnus commutata</i> Bernh. ex Rydb.					
ГП+КС+ ДО	0–20	2	22	5	26
	20–40	5	56	12	63
	40–60	2	22	2	11
	0–60	9	100	19	100

6.2 Применение осадков хозбытовых стоков для повышения содержания питательных компонентов в техногенных отвалах

Определено, что на варианте с древесными опилками, произошла усадка плантажного слоя в среднем на 10 см и мощность корнеобитаемого слоя составила 50 см. По содержанию скелета техногенные почвы на варианте с осадками хозбытовых стоков (ОХС) относятся к слабоскелетным видам (таблица 6.1).

По сравнению с 2002 г., в 2010 г. плотность мелкозема сульфидной породы почти не изменилась в течении долгого времени. Зато плотность мелкозема

техногенных субстратов к 2010 г. возросла в верхнем 20-сантиметровом слое, но особенно уплотнились слои 40–50 см (таблица 6.1).

Порозность мелкоземистой части субстрата в слое 0–40 см была хорошей, однако в слое 40–50 см приближалась к критической (таблица 6.1). На исследованных участках таких значений порозности почти нет, но тенденция уплотнения мелкозема может ухудшить воздушные свойства породы и субстратов во влажные периоды вегетации растений.

По сравнению с контролем варианте с хозбытовыми стоками мелкозема было больше на 1931 т/га (на 48%).

На варианте с окарбонированной породой с внесением осадков хозбытовых стоков гранулометрический состав субстрата характеризовался как среднесуглинистый крупнопылевато-песчаный. Здесь преобладали песчаные (42,9%) и пылеватые (39,8%) фракции, а количество ила по сравнению с контролем увеличилось только на 2%. Вполне закономерно, что внесение осадков хозбытовых стоков с незначительным содержанием ила в этом плодородном компоненте (13,5%) не могло существенно пополнить количество ила в субстрате. В осадках преобладала пыль крупная (49%) и песчаная фракция (23,6%). Отметим, что внесением осадков преследовалась, главным образом, цель пополнения в субстрате запасов органического вещества и основных элементов питания (N, P, K).

Внесение в сульфидную горную породу карбонатного суглинка с осадками хозбытовых стоков и последующее тщательное их перемешивание значительно улучшили физико-химические и химические свойства породы.

Содержание валовой серы в горной породе в профиле составляла 0,87%. В процессе смешивания породы и карбонатного суглинка содержание серы уменьшилось в слое 0–20 см до 0,10%. С глубиной ее концентрация увеличилась и в слое 40–50 см составила 0,89%. Такое увеличение серы предопределяет развитие кислотного комплекса даже в погребенном состоянии, что подтверждает величина рН водной суспензии (4,07). Высокое содержание общей серы в нижних

слоях связано с плохим перемешиванием породы и субстрата на этой глубине (таблица 6.2)

Реакция почвенной среды техногенного субстрата в слое 0–40 см была нейтральной. Но с глубиной pH_{KCl} резко меняется и становится очень сильно кислым. С увеличением кислотности возросло количество подвижного алюминия, содержание которого было выше 12 мг/кг. Увеличение кислотности в слоях, прилегающих к карбонатному суглинку, и в нижних слоях самого карбонатного суглинка говорит о том, что там все еще интенсивно протекают процессы окисления.

Количество карбоната кальция в отсыпанном суглинке в слое 0–60 см в среднем составило 5%, а при перемешивании суглинка с породой количество $CaCO_3$ уменьшилось и составило в среднем 1,76%, то есть произошло его «разбавление» породой.

С увеличением кислотности в слое 40–50 см количество подвижных форм железа (Fe^{3+}) достигло 141 мг/кг, а в слое 0–40 см немногим более 12 мг/кг.

При добавлении в горную породу карбонатного суглинка и различных мелиорантов почвенный поглощающий комплекс (ППК) претерпел количественные и качественные изменения. Возросла поглощательная способность, увеличилась сумма поглощенных оснований до 18 смоль(+)/кг навески в техногенном субстрате. Из сорбционного комплекса в значительной мере вытеснялся натрий и замещался кальцием, что улучшило некоторые водно-физические свойства и структуру субстратов.

Техногенный субстрат в корнеобитаемом слое значительно обогащен катионами кальция 52% и магния до 40% от суммы обменных катионов. Поглощенного натрия в среднем содержалось менее 0,2%. Таким образом, кальцийсодержащий мелиорант не только нейтрализовал кислотность сульфидсодержащей породы, снизил степень солонцеватости субстрата, но и улучшил почвенный поглощающий комплекс.

Анализ водной вытяжки показал, что техногенные субстраты (слой 0–20 см) имел слабую степень засоления. Сумма солей, переходящих в водную вытяжку, в

них не превышала 0,5%. Сода не обнаружена, содержание вредных для растений хлоридов не превышало допустимых для древесно-кустарниковых растений концентраций. В составе солей преобладали сульфаты кальция (гипс) безвредные для растений. На варианте в слое 20–40 и 40–55 см была определена средняя степень засоления. Сумма воднорастворимых солей в них составила соответственно 0,905 и 0,572 %. Вредные для растений карбонаты и хлориды не обнаружены. Токсичные сульфаты в техногенном субстрате были в пределах 0,106–0,133%, в сульфидной горной породе – 0,269%. Сульфаты натрия и магния содержались в количествах, которые могут привести к угнетению древесно-кустарниковых растений в условиях недостаточного увлажнения.

В завезенном и отсыпанном на породу карбонатном суглинке изначально было от 0,34 до 0,81% гумуса, в свежееотсыпанной сульфидной горной породе содержалось не более 0,05% гумусовых веществ.

Техногенный субстрат по содержанию гумуса был слабогумусированным. Количество экстрагируемого углерода в слое 0–50 см составляло от 0,09 до 0,26%. С глубиной содержание уменьшалось. На графике видно, что в первые годы количество экстрагируемого углерода было больше, чем в последующие (рисунок 6.1).

Внесенные осадки хозяйственных стоков и карбонатный суглинок обладали определенным плодородием, а после того, как на поверхности начали развиваться естественные и искусственные сукцессионные тренды, выросло его потребление, что и привело к уменьшению экстрагируемого углерода. Но в целом наблюдается положительная тенденция к его накоплению.

Отсыпка плодородных мелиорантов, пусть и не в больших объемах, радикальным образом увеличила содержание гумуса в верхних пахотных горизонтах техногенных субстратов, что позволило выращивать на них различную травянистую и древесно-кустарниковую растительность.

Содержание экстрагируемого углерода в техногенных субстратах хоть и небольшое, но тенденция к его накоплению присутствует.

Во избежание таких методических погрешностей, мы рассчитали запасы экстрагируемого углерода в мелкоземе техногенного субстрата. Оказалось, если судить по запасам гумуса, то в субстрате с ОХС в среднем его в 5 раз больше, чем в контроле.

Внесение карбонатного суглинка и осадков хозяйственных стоков позволило создать благоприятные эдафические условия для выращивания древесно-кустарниковой растительности. Биометрические показатели и декоративность растений в баллах показана в таблице 6.5.

Растения *Catalpa bignonioides* Walter оказались менее приспособленными к таким эдафическим условиям, что показывает шкала декоративности и биометрические показатели. Жизненное состояние остальных высаженных растений на техногенном субстрате было хорошим.

Кроме этого нами была проведена раскопка корневой системы некоторых видов древесных растений (таблица 6.6). Из таблицы 6.6 видно, что в большей степени растения осваивают слой 0–40 см. Это связано с тем, что слой 40–60 см более уплотнен, в нем содержится меньше экстрагируемого углерода, реакция среды кислая.

Таблица 6.5 – Показатели высоты, диаметра кроны, окружности штамба и декоративности древесных и кустарниковых пород (среднее из 5 растений каждого вида) на опытно участке шахтного отвала с ОХС

Видовое название	Высота растений, м	Диаметр проекции кроны, см	Окружность ствола, см	Декоративность, баллы
<i>Gleditsia triacanthos</i> L	3,2	205	11	3,5
<i>Tamarix tetrandra</i> Pall. ex M.Bieb.	4,5	150	–	3,5
<i>Symphoricarpos albus</i> (L.) S.F.Blake	0,9	100		4
<i>Elaeagnus commutata</i> Bernh. ex Rydb.	5,4	270	40	4
<i>Catalpa bignonioides</i> Walter	2,2	185	30	3
<i>Spiraea vanhouttei</i> (Briot) Zabel	0,9	75	–	3,5
<i>Pyracantha crenulata</i> (Roxb. ex D.Don) M.Roem.	1,0	75		4
<i>Pinus nigra subsp. Pallasiana</i> (Lamb.) Holmboe	1,9	150	35	4
<i>Acer platanoides</i> L.	2,1	130	24	4

Таблица 6.6 – Количество «срезов» корней 15-летних древесно-кустарниковых растений на техногенных субстратах шахтного отвала

Варианты опыта	Слой почвы, см	Проводящие корни		Всасывающие корни	
		шт.	%	шт.	%
<i>Tamarix tetrandra</i> Pall. ex M.Bieb.					
ГП+КС+ ОХС	0–20	2	50	20	67
	20–40	2	50	10	33
	0–40	4	100	30	100
<i>Elaeagnus commutata</i> Bernh. ex Rydb.					
ГП+КС+ОХС	0–20	1	14	20	65
	20–40	3	43	11	35
	40–60	3	43	0	0
	0–60	7	100	31	100
<i>Platyclusus orientalis</i> (L.) Franco					
ГП+КС+ОХС	0–20	5	63	34	49
	20–40	3	37	24	34
	40–60	0	0	12	17
	0–60	8	100	70	100

6.3 Анализ вариантов комбинирования искусственных субстратов для улучшения условий роста, выделение группы перспективных древесно-кустарниковых растений для экологической оптимизации вскрышных шахтных отвалов

При внесении карбонатного суглинка и плодородных мелиорантов в сульфидную горную породу произошло улучшение физических, физико-химических и химических свойств по отношению к контролю.

Если сравнивать два этих варианта между собой, то можно отметить, что внесение ДО улучшило ряд физических свойств субстрата по отношению к варианту с ОХС. Так, содержание илистых фракций в первом варианте было на 3% больше чем во втором, а содержание пыли средней, дефляционно опасной было меньше на 2%, немного улучшилась плотность сложения мелкозема (таблица 6.1).

Улучшение физико-химических и химических свойств сульфидной породы за счет внесения техногенного субстрата с ДО и ОХС видно из таблицы 6.2. Для устранения фитотоксичности породы использовали карбонатный суглинок. Внесение ДО и ОХС, главным образом, предполагалось для пополнения запасов органического вещества и основных элементов питания (N, P, K). При сравнении двух вариантов по интенсивности накопления органического вещества видно, что вариант с ОХС проявил себя лучше (рисунок 6.1).

Содержание NH_4^+ и K_2O на разных вариантах существенно между собой не отличались (рисунок 6.3). Их незначительное количество можно объяснить интенсивным потреблением растениями в период вегетации. А вот по содержанию P_2O_5 вариант с ОХС показал себя лучше. Если сравнивать результаты в первый год наблюдений в этом варианте, то P_2O_5 в среднем было 2 мг/кг, а на третий год его содержание увеличилось до 3 мг/кг, наблюдается тенденция к его увеличению и накоплению.

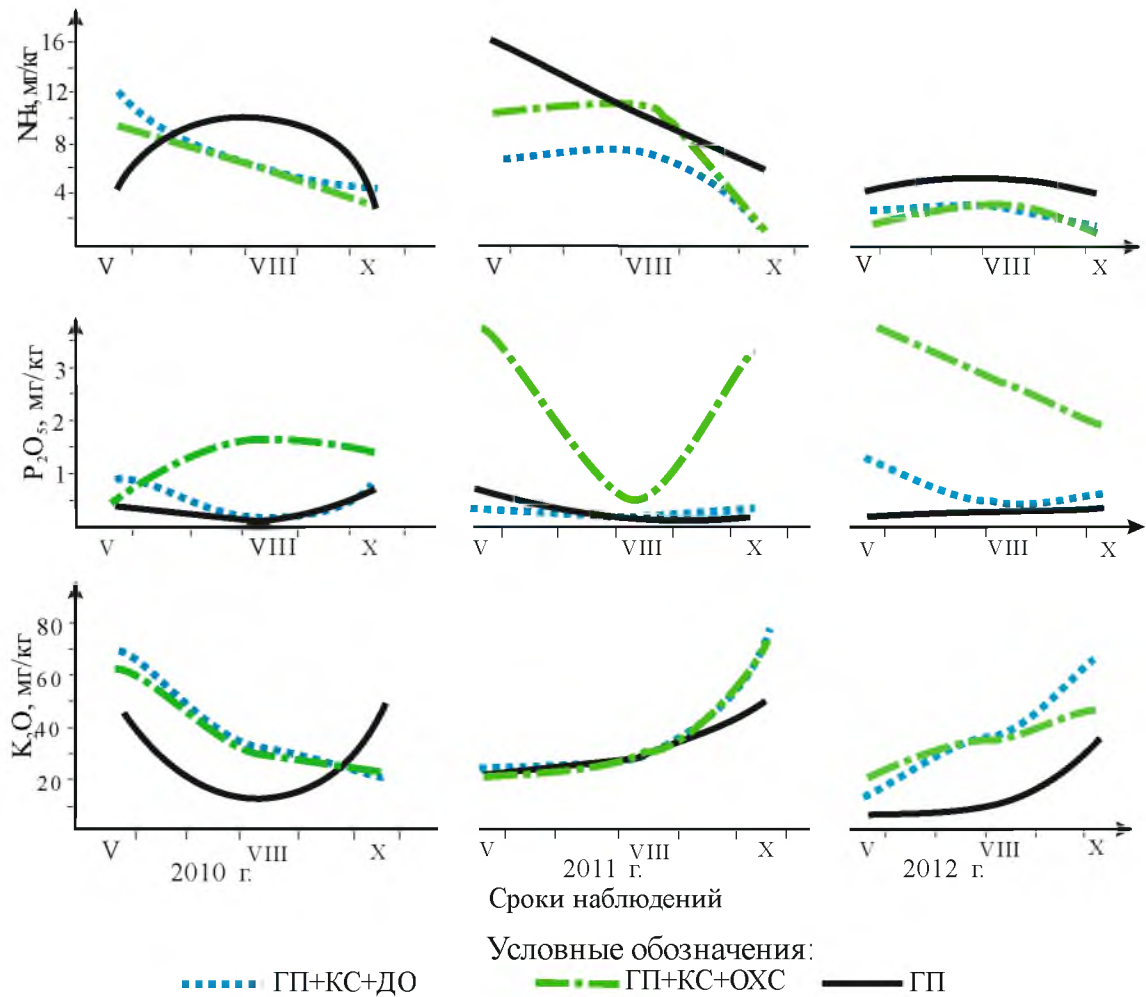


Рисунок 6.3 – Динамика основных питательных элементов в слое 0–60 см сульфидной породы и техногенных субстратов

Древесно-кустарниковые растения являются хорошим индикатором, определяющим состояние техногенных субстратов. Высаженные растения на техногенных субстратах по-разному реагировали на эдафические условия. Как показало изучение свойств субстратов и их влияния на древесно-кустарниковые растения, то вариант с карбонатным суглинком и ОХС оказался благоприятным по сравнению с другими вариантами.

В результате изучения искусственного сукцессионного тренда на техногенных субстратах были выделены наиболее перспективные для целей улучшения фитосанитарного состояния сульфидных шахтных отвалов следующие древесные и кустарниковые растения: *Gleditsia triacanthos* L, *Tamarix tetrandra*

Pall. ex M.Bieb., *Symphoricarpos albus* (L.) S.F.Blake, *Elaeagnus commutata* Bernh. ex Rydb., *Catalpa bignonioides* Walter, *Spiraea vanhouttei* (Briot) Zabel, *Pyracantha crenulata* (Roxb. ex D.Don) M.Roem., *Pinus nigra* subsp. *Pallasiana* (Lamb.) Holmboe, *Acer platanoides* L.

Указанным видам растений для нормального роста и развития необходимо, чтобы субстрат обладал следующими свойствами в слое 0–50 см: был суглинистого гранулометрического состава, с плотностью сложения не более 1,55 г/см³, запасами мелкозема не менее 5800 т/га и экстрагируемого углерода не менее 0,25%, рН водной суспензии не ниже 4 и не выше 8,6, обменная кислотность не менее 4,5 смоль(+)/кг. Эти показатели приняты нами за нижний предел плодородия техногенных субстратов и положены в основу оценки пригодности техногенных субстратов для конкретных древесных и кустарниковых насаждений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сопряженные геоботанические и почвенно-геологические исследования показывают, что характер протекания прогрессивной сукцессии (самозарастания, саморекультивации) на отвалах горной породы включает ряд стадий и этапов (Опанасенко и др., 2005).

Первая – пионерная стадия – подразделяется на несколько этапов и на первом из них происходит выветривание обломков породы и активное окисление сернистых соединений, повышение кислотности субстратов под влиянием атмосферных агентов, тионовых и серобактерий.

На втором этапе происходит выщелачивание (миграция) и перераспределение химических соединений, которые активизируются дополнительным стоком выпадающих атмосферных осадков. Снижается концентрация воднорастворимых солей и уменьшается кислотность субстрата. К концу этапа порода становится слабо фитотоксичной, но очень мало содержит органического вещества и основных элементов питания, что приемлемо только для самых нетребовательных растений. На хронотренде пионерная стадия может иметь продолжительность от 8–10 до 15–20 лет, что зависит от породы, рельефа, водосборной площади понижений. В конце стадии происходит естественное зарастание субстрата отдельными видами растений.

Вторая стадия – стадия дифференциации экологических ниш – состоит из трех этапов. На первом – этапе «несбалансированного состава» – происходит более активное заселение предпочв видами естественных биотопов. Это заселение носит большей частью случайный характер, связанный с наличием регенерационных ниш (понижений между буграми), где произошли изменения минерализации и довольно значительные геохимические преобразования породы в предпочвы, позволяющие внедрившимся растениям разместиться на отрезках градиентов факторов среды, соответствующим граничным показателям

(значениям) физиологической толерантности особей видов. В это время формируются маловидовые сообщества, включая рудеральные растения.

На втором этапе – «упорядоченного состава» – с активно поступающим на поверхность молодых почв «семенным дождем» доставляются диаспóры большого числа видов растений, среди которых преобладают пациенты и эксплеренты. Их экологические ниши сужены плодородием почв, их химизмом, увлажнением в летние периоды и другими показателями, и только по факторам освещения и температуры являются полнообъемными.

Пациенты адаптированы к жестким условиям среды и довольно легко переносят те или иные неблагоприятные воздействия, а эксплеренты перехватывают те немногие участки отвалов, где в силу особенностей микро- и мезорельефа сложились более или менее комфортные условия экотопа. На этом участке хронотренда доминируют рудерального облика фитоценозы.

В последующий этап – «исключение конкуренцией» – численно продолжает увеличиваться флористический состав, активно идет дифференциация таксонов. Выпадают из сообщества виды, доминировавшие на начальных этапах, и, наоборот, внедряются новые, которые активно захватывают территорию и принимают лидерство на себя. Общее проективное покрытие растительностью учетных площадок на этом этапе достигает 30–60%.

Заключительная стадия сукцессионного развития сообществ при зарастании отвалов шахтной породы продолжается неограниченно долго и ведет к формированию климаксовых сообществ зонального типа.

Таким образом, ход естественных процессов зарастания отвалов может быть выражен в виде обобщающей таблицы (таблица Заключения 1).

Основываясь на полученных нами результатах, мы можем сравнить их с данными из таблицы (таблица Заключения 1) и определить на какой стадии и каком этапе находится автогенная сукцессия на сульфидном отвале.

Создание бугристо-западинного мезорельефа на вершине отвала сульфидных горных пород способствовало интенсивному протеканию первичной автогенной сукцессии и формированию эмбриоземов.

Таблица Заключения 1 – Ход естественных процессов зарастания отвалов

Стадия	Этап	Состояние элементов экосистемы	
		экотоп	биотоп
Пионерная	Геохимической дезинтеграции	Среда агрессивная, доступен для пионерных видов	Тионовые бактерии, первые высшие растения
Дифференциации и экологических ниш	Несбалансированного состава	Градиенты факторов среды сужены	Маловидовые сообщества
	Упорядоченного состава	Градиенты комфортны	Рудеральные сообщества
	Исключение конкуренцией	Градиенты факторов оптимальны	Формирование зонального сообщества
Климаксовая	1–4 этапы	Доступен всем видам	Зональные сообщества

Через 10–12 лет после завершения отсыпки отвала зарегистрировано 35 видов высших сосудистых растений. Характер протекания прогрессивной сукцессии соответствовал первой или «пионерной» стадии второму этапу. Через 25–летний период после отсыпки породы на вершину отвала зарегистрировано уже 70 видов растений, что соответствовало второй стадии или стадии дифференциации экологических ниш и второму этапу – «упорядоченного состава».

ВЫВОДЫ

1. Изучение динамики видового состава растительных сообществ, формирующихся в понижениях после оптимизации сульфидных отвалов методом создания бугристо-западинного рельефа, показало, что количество видов сосудистых растений возрастает более чем в два раза. Так, на отвале в возрасте 10–12 лет отмечено 35 видов из 30 родов и 15 семейств, а в возрасте 23–25 лет – 70 видов растений из 64 родов и 23 семейств. Наибольшим количеством видов представлены семейства Asteraceae, Poaceae, Fabaceae (10–12 лет) и Asteraceae, Poaceae, Fabaceae, Rosaceae, Polygonaceae (20–25 лет). По типам корневой системы преобладают виды со стержневой системой (92% и 81% соответственно). На отвалах в возрасте 20–25 лет увеличивается доля видов с мочковатой корневой системой (с 8% до 19%).

2. Установлено, что систематическая структура нативной части видового состава растительных сообществ отвала в целом соответствует зональному типу организации флоры, свойственной Присамарью. Географическая структура изученного фрагмента растительности шахтных отвалов свидетельствует о том, что флороценогенез находится в начальной стадии сукцессионного процесса.

3. Оценка емкости местообитаний и плотности упаковки видов на градиентах факторов среды позволила установить, что лимитирующим фактором для развития растительных сообществ на сульфидных отвалах являются эдафические условия, такие как рН, гранулометрический состав и влажность почвы.

4. За 25-летний период после отсыпки породы на вершину сульфидного отвала в понижениях, заросших травами, за счет дополнительного привнесения мелкозема и влаги улучшились физические свойства мелкозема. Произошло разуплотнение молодой почвы до $1,2 \text{ г/см}^3$ и уменьшение содержания скелетных частиц до 28% в слое 0–60 см по отношению к контролю (порода). Молодые почвы классифицируются как среднескелетные, и имеют достаточное для

нормального роста деревьев и кустарников количество мелкозема – 5103 т/га. Почвы понижений по содержанию всех фракций гранулометрического состава в слое 0–40 см отличаются большей сбалансированностью, чем контроль.

5. Применение метода создания бугристо-западинного рельефа на сульфидном отвале способствовало снижению в эмбриоземах кислотности гидролитической до 4,2 смоль(+)/кг, обменной – до 0,4 смоль(+)/кг, а также снижению содержания подвижного алюминия до 7 мг/кг. Отмечено полное выщелачивание мелкозема от легкорастворимых, в том числе и токсичных солей и рассолонцевание верхнего слоя 0–60 см. Увеличилась поглотительная способность эмбриоземов и насыщенность их кальцием при снижении содержания обменного Na^+ . По мере формирования молодых почв отмечено интенсивное накопление экстрагируемого углерода, содержание которого 5 раз выше, чем на контроле. Молодая почва понижений по своим эдафическим свойствам стала пригодной для произрастания травянистых и древесно-кустарниковых растений.

6. Установлена стадийность и интенсивность процессов самозарастания в понижениях отвалов в соответствии с развивающимися процессами выветривания и почвообразования. Согласно нашим данным по сукцессии естественной растительности и формированию молодой почвы сульфидные отвалы в возрасте 10–12 лет соответствует первой стадии («пионерной») второго этапа развития отвалов, а в возрасте 20–25 лет – стадии «дифференциации экологических ниш» на этапе «упорядоченного состава».

7. Изучение основных морфометрических показателей, особенностей развития корневой системы и декоративности позволяет говорить о перспективности использования при создании искусственных фитоценозов на сульфидных отвалах следующих 14 видов древесно-кустарниковых растений: *Armeniaca vulgaris* Lam., *Pyrus communis* L., *Malus domestica* Borkh., *Quercus robur* L., *Tamarix tetrandra* Pall. ex M. Bieb., *Acer platanoides* L., *Sumphoricarpos albus* (L.), *Robinia pseudoacacia* L., *Fraxinus lanceolata* Borkh., *Syringa vulgaris* L.,

Forsythia×*intermedia* Zabel, *Gleditsia triacanthos* L., *Rosa canina* L. и *Elaeagnus angustifolia* L.

8. Установлено, что внесение в породу сульфидных отвалов техногенных субстратов (карбонатный суглинок + древесные опилки; карбонатный суглинок + осадки хозбытовых стоков) ускоряет формирование эмбриоземов, которое проявляется в изменении свойств (уменьшается количество скелета в 5 раз, плотность сложения – до 1,3 г/см³, увеличивается порозность, рН изменяется с сильнокислого на слабощелочной, снижается количество подвижного алюминия, железа и марганца) и показателей породы (увеличивается содержание экстрагируемого углерода до 0,25% и N, P, K).

9. Изучение особенностей развития древесно-кустарниковых растений на техногенных субстратах показало, что для их нормального роста необходимо, чтобы техногенный субстрат обладал следующими свойствами в слое 0–50 см: гранулометрический состав должен быть суглинистым, плотность сложения не превышать 1,55 г/см³, запасы мелкозёма не менее 5800 т/га, содержание экстрагируемого углерода не менее 0,25%, рН водной суспензии не ниже 4 и не выше 8,6, обменная кислотность не менее 4,5 смоль(+)/кг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агрофизические методы исследования почв / Отв. ред. С.И. Долгов. – М. : Наука, 1966. – 259 с.
2. Агрохимические методы исследования почв. – М. : Наука, 1965. – 436 с.
3. Агрохимические методы исследования почв. – М. : Наука, 1975. – 655 с.
4. Адерихин, П. Г. Опыт классификации сульфидсодержащих пород Курской магнитной аномалии при биологической рекультивации / П. Г. Адерихин, Б. В. Усков, Ю. И. Дудкин // Научно–технические проблемы рекультивации земель, нарушенных при добыче полезных ископаемых в СССР. – М. : [б.и.], 1978. – С. 143–149.
5. Адерихин, П. Г. Органическое вещество молодых почв на сульфидсодержащих отвалах Курской магнитной аномалии / П. Г. Адерихин, Ю. И. Дудкин, Т. Н. Михайлова, Б. В. Усков // Почвоведение. – 1986. – № 1. – С. 38–44.
6. Адерихин, П. Г. Особенности структурно–агрегатного состава вскрышных пород Лебединского карьера КМА в связи с их рекультивацией / П. Г. Адерихин, Н. Г. Решетов // Мелиорация и рекультивация почв Центрального Черноземья. – Воронеж : Изд-во ВГУ, 1984. – С. 34–42.
7. Адерихин, П. Г. Степень токсичности сульфидсодержащих вскрышных пород Курской магнитной аномалии и пути ее устранения / П. Г. Адерихин, В. П. Кулакова, Б. В. Усков, Ю. И. Дудкин, Т. Н. Михайлова // Теоретические и практические проблемы рекультивации нарушенных земель : тезисы докладов II Всесоюзного совещания по рекультивации (Донецк, 1975 г.). – М. : [б.и.], 1975. – С. 221–222.
8. Адерихин, П. Г. Химический состав, физико–химические и агрохимические свойства вскрышных пород Курской магнитной аномалии / П. Г. Адерихин, В. П. Кулакова, Б. В. Усков, А. С. Краснова, Т. А. Родионова // Теоретические и практические проблемы рекультивации нарушенных земель :

тезисы докладов II Всесоюзного совещания по рекультивации (Донецк, 1975 г.). – М. : [б.и.], 1975. – С 217–220.

9. Александрова, В. Д. Классификация растительности / В. Д. Александрова. – Л. : Наука, 1969. – 275 с.

10. Александрова, Л. Н. О применении пирофосфата натрия для выделения из почвы свободных гумусовых веществ и их органоминеральных соединений / Л. Н. Александрова // Почвоведение. – 1960. – № 2. – С. 90–97.

11. Алехин, В. В. Что такое растительное сообщество? Растительное сообщество как выражение социальной жизни растений / В. В. Алехин. – Изд. 2-е. – М. : Изд-во М. и С. Собашниковых, 1928. – 84 с.

12. Андроханов, В. А. Почвенно-экологические условия формирования растительности на отвалах угольных месторождений КАТЭКа / В. А. Андроханов // Лесные биогеоценозы бореальной зоны: география, структура, функции, динамика : Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 70-летию создания Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск, 16–19 сентября 2014 г. / ред. коллегия : Ю. Н. Баранчиков [и др.]; Сиб. отд-ние Рос. акад. наук, Ин-т леса им. В. Н. Сукачева СО РАН. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2014. – С. 303–306.

13. Андроханов, В. А. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка / В. А. Андроханов, В. Н. Курачев; отв. ред. А. И. Сысо; Рос. акад. наук, Сибирское отделение, Ин-т почвоведения и агрохимии. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2010. – 224 с.

14. Андроханов, В. А. Проблемы классификации молодых почв и восстановление почвенного покрова в техногенных ландшафтах / В. А. Андроханов // Эволюция и деградация почвенного покрова : сб. науч. статей по материалам IV Междунар. науч. конф. (Ставрополь, 13–15 октября 2015 г.) / СтГАУ. – Ставрополь : Изд-во АРГУС, 2015. – С. 7–9.

15. Антипов-Каратаев, И. Н. О почвенном агрегате и методах его исследования / И. Н. Антипов-Каратаев, В. В. Келлерман и Д. В. Хан. – М. : Изд-во АН СССР, 1948. – 82 с.

16. Аринушкина, Е. В. Руководство по химическому анализу почв / Е. В. Аринушкина. – М. : Изд-во МГУ, 1970. – 488 с.
17. Бабич, И. В. Агрономическая оценка техногенных субстратов и сульфидной породы Западного Донбасса / И. В. Бабич // Агрохімія і ґрунтознавство : Спец. вип. до VI з'їзду УТГА – Харків, 2002. – Кн. третя. – С. 6–8.
18. Бабич, И. В. Значение рельефа в процессах почвообразования и самозараствания на отвалах сульфидных шахтных пород / И. В. Бабич // Проблеми збереження, відновлення біорізноманітності в умовах антропогенно зміненого середовища : Матеріали Міжнар. наук. конф. (Кривий Ріг, 16–19 травня 2005 р.). – Дніпропетровськ, 2005. – С. 339–340.
19. Бабич, И. В. Повышение плодородия и освоение сульфидсодержащих шахтных горных пород под зерновые культуры / И. В. Бабич // Відновлення порушених природних екосистем : Матеріали Першої Міжнар. наук. конф. Донецький бот. сад НАН України. – Донецьк : ТОВ «Лебідь», 2002. – С. 17–19.
20. Бабич, И. В. Процессы выщелачивания сульфидных горных пород и молодых почв на различных элементах мезорельефа / И. В. Бабич // Промислова ботаніка : стан та перспективи розвитку : Матер. IV Міжнар. наук. конф. Донецьк, вересень 2003 р. – Донецьк : ТОВ «Лебідь», 2003. – С. 16–18.
21. Бакланов, В. И. Особенности выветривания поверхностного слоя пород отвалов угольных шахт Украинской ССР / В. И. Бакланов // Почвенно-агрехимические исследования в ботанических садах СССР. – Апатиты : Изд-во Кольского филиала АН СССР, 1984. – С. 90–94.
22. Баньковская, В. М. Геохимические изменения природной среды в районах размещения отвалов угледобывающей промышленности / В. М. Баньковская, Н. Г. Максимович // География и природные ресурсы. – 1989. – № 2 – С. 42–45.
23. Баранник, Л. П. Экологическая оценка пригодности древесных и кустарниковых пород для лесной рекультивации в Кузбассе / Л. П. Баранник //

Восстановление техногенных ландшафтов Сибири (теория и технология). – Новосибирск : Наука. Сибирское отд., 1977. – С. 120–138.

24. Бекаревич, Н. Е. О рекультивации земель в степи Украины / Н. Е. Бекаревич, Н. Д. Горобец, А. А. Колбасин, Н. Т. Масюк, Н. И. Пистунов, Л. П. Сидорович, И. Х. Узбек. – Днепропетровск : Промінь, 1971. – 217 с.

25. Бекаревич, Н. Е. Опыт возделывания сельскохозяйственных культур на рекультивированных участках в степной части Украинской ССР / Н. Е. Бекаревич, Н. Т. Масюк, Л. П. Сидорович, И. Х. Узбек // Международный симпозиум по вопросам рекультивации нарушенных промышленностью территорий, (Лейпциг, 1970) / Ин-т ландшафтоведения и охраны природы ГАЛЛЕ, ЗААЛЕ Нем. акад. с.-х. наук в Берлине. – Лейпциг, 1970. – Ч. 2. – С. 121–126.

26. Бекаревич, Н. Е. Основные результаты исследований по биологической рекультивации земель, нарушенных горнодобывающей промышленностью / Н. Е. Бекаревич // Труды Днепропетровского СХИ. – Днепропетровск, 1984. – Т. 49. Эколого-биологические и социально-экономические основы сельскохозяйственной рекультивации в степной черноземной зоне УССР. – С. 12–33.

27. Бекаревич, Н. Е. Природные условия некоторых бассейнов полезных ископаемых как предпосылки возможности рекультивации / Н. Е. Бекаревич, Г. А. Бондарь, Э. Л. Додатко, Л. П. Сидорович, Н. Т. Масюк, Г. С. Скороход // Труды Днепропетровского СХИ. – Днепропетровск, 1974. – Т. 26. Рекультивация земель. – С. 5–28.

28. Бекаревич, Н. Е. Рекультивация земель и прогнозирование их пригодности в сельском и лесном хозяйстве / Н. Е. Бекаревич, Н. И. Горбунов, А. А. Колбасин, В. Н. Орлов, Б. М. Туник // Труды X Междунар. конгресса почвоведов. – М. : Наука, 1974. – Т. IV. – С. 383–389.

29. Бекаревич, Н. Е. Сельскохозяйственное использование земель, нарушенных промышленностью / Н. Е. Бекаревич // Научно-технические

проблемы рекультивации земель, нарушенных при добыче полезных ископаемых в СССР. – М. : [б.и.], 1978. – С. 213–227.

30. Бекаревич, Н. Е. Состояние и перспектива развития научно–исследовательских и прикладных работ по сельскохозяйственной рекультивации земель в Степной зоне Украины / Н. Е. Бекаревич, Н. Т. Масюк, И. П. Чабан // Экологические проблемы аграрного производства : Материалы межрегиональной научно-практической конференции. – Днепропетровск : [б.и.], 1992. – Симпозиум 1. – С. 12–16.

31. Белецкая, В. А. Экспериментальное изучение буферных свойств пород зоны аэрации Западного Донбасса / В. А. Белецкая // Екологія кризових регіонів України: тези доповідей міжнар. конф., Дніпропетровськ, 17–20 вересня 2001 р. : наукове видання. – Дніпропетровськ : РВВ ДНУ, 2001. – С. 17.

32. Белова, Н. А. Амфиценотические (деструктивно-кризисные) процессы почвообразования / Н. А. Белова, С. Н. Рубан // Екологія кризових регіонів України : тези доповідей міжнар. конф., Дніпропетровськ, 17–20 вересня 2001 р. : наукове видання. – Дніпропетровськ : РВВ ДНУ, 2001. – С. 6.

33. Березин, П. Н. Особенности распределения гранулометрических элементов почв и почвообразующих пород / П. Н. Березин // Почвоведение. – 1983. – № 2. – С. 64–72.

34. Бешлей, С. В. Эдафотопені характеристики заростей *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth на відвалах вугільних шахт / С. В. Бешлей // Відновлення порушених природних екосистем : Матеріали IV міжнар. наук. конф. (м. Донецьк, 18–21 жовтня 2011 р.). – Донецьк, 2014. – С. 274–275.

35. Бильдебаева Р.М., Бигалиев А.Б., Жамалбеков Е.У. Проблема рекультивации нарушенных территорий Казахстана // Современные проблемы загрязнения почв : Междунар. науч. конф. – М. : Изд-во МГУ, 2004. – С. 299–300.

36. Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных промышленностью земель : хрестоматия / сост. Н. В. Лукина, Т. С. Чибрик, М. А. Глазырина, Е. И. Филимонова. – Екатеринбург : Изд-во Уральского государственного ун-та, 2008. – 256 с.

37. Блинов, С. М. Литолого–фациальная обусловленность изменений геологической среды Кизеловского угольного бассейна / С. М. Блинов, К. А. Горбунова, Н. Г. Максимович, Э. Е. Малеев // Геология и минеральные ресурсы Западного Урала: тез. докл. науч. конф. – Пермь, 1993. – С. 46.

38. Бондарев, А. Г. Некоторые пути определения оптимальных параметров агрофизических свойств почв / А. Г. Бондарев, В. В. Медведев // Теоретические основы и методы определения оптимальных параметров свойств почв : Научные труды почвенного ин–та им. В. В. Докучаева. – М. : Наука, 1980. – С. 85–98.

39. Бондарев, А. Г. Теоретические основы и практика оптимизации физических условий плодородия почв / А. Г. Бондарев // Почвоведение. – 1994. – № 11. – С.10–15.

40. Бондарев, А. Г. Уплотнение почв техникой (состояние, проблемы и пути решения) / А. Г. Бондарев, В. А. Русанов, В. В. Медведев // Проблемы почвоведения. – М. : Наука, 1990. – С. 20–25.

41. Бондарь, Г. А. Биоэкологический анализ восстанавливающихся фитоценозов различных вскрышных пород Александрийской группы бурогольных разрезов / Г. А. Бондарь // Вопросы биологии, селекции и агротехники полевых и плодовых культур. – Харьков, 1971. – С. 99–100.

42. Бондарь, Г. А. Динамика растительного покрова при естественном зарастании грунтов отвалов и открытых разработок в Днепровском бурогольном бассейне/ Г. А. Бондарь, Э. Л. Додатко // Труды Днепропетровского СХИ. –1973. – Т. 18. – С. 49–54.

43. Бондарь, Г. А. Экологические условия создания рекультивированных земель в Западном Донбассе / Г. А. Бондарь, Э. Л. Додатко, В. П. Кабаненко // Экологические проблемы аграрного производства : Материалы межрегион. научно-практич. конф. – Днепропетровск, 1992. – Симпозиум 1. – С. 54.

44. Брехов, М. Т. Изменение некоторых физико–химических свойств вскрышных пород КМА при сельскохозяйственной рекультивации / М. Т. Брехов,

Д. И. Щеглов, А. С. Краснова // Мелиорация и рекультивация почв Центрального Черноземья : сборник статей. – Воронеж : Изд-во ВГУ, 1984. – С. 52–55.

45. Бурыкин, А. М. Некоторые закономерности гумусонакопления и гумусообразования в молодых почвах техногенных экосистем Курской магнитной аномалии / А. М. Бурыкин, Э. В. Засорина // Тезисы докладов VIII Всесоюзного съезда почвоведов (14–18 августа 1989 г., Новосибирск). – Новосибирск : [б.и.], 1989. – Кн. первая. – С. 184.

46. Бурыкин, А. М. О биологической активности вскрышных пород Курской магнитной аномалии / А. М. Бурыкин // Теоретические и практические проблемы рекультивации нарушенных земель : тезисы докладов II Всесоюзного совещания по рекультивации (Донецк, 1975 г.). – М. : [б.и.], 1975. – С. 228–231.

47. Бурыкин, А. М. Темпы почвообразования в техногенных ландшафтах в связи с их рекультивацией / А. М. Бурыкин // Почвоведение. – 1985. – № 2. – С. 81–93.

48. Бурыкин, А. М. Эрозионные процессы на отвалах Михайловского ГОКа Курской магнитной аномалии и некоторые приемы борьбы с ними / А. М. Бурыкин, П. Н. Колков // Теоретические и практические проблемы рекультивации нарушенных земель : тезисы докладов II Всесоюзного совещания по рекультивации (Донецк, 1975 г.). – М. : [б.и.], 1975. – С. 232.

49. Вадюнина, А. Ф. Методы исследования физических свойств почв / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – М. : Агропромиздат, 1986. – 415 с.

50. Васильева, Н. П. К характеристике свойств субстратов, лимитирующих рост древесных в условиях токсичных отвалов / Н. П. Васильева // Тез. докл. VIII Всесоюзного съезда почвоведов (14–18 августа 1989 г., Новосибирск). – Новосибирск : [б.и.], 1989. – Кн. первая. – С. 198.

51. Вербин, А. Е. Опыт лесной рекультивации отвалов открытых разработок в Донбассе / А. Е. Вербин // Тезисы докладов и сообщений Республиканской научно-технической конференции по повышению эффективности научных исследований и внедрению достижений науки в

лесохозяйственное производство и полезационное лесоразведение (23–25 марта 1971 г.). – Харьков : [б.и.], 1971. – С. 149–151.

52. Вербин, А. Е. Опыт лесной рекультивации отвалов промышленных разработок в Донецкой области / А. Е. Вербин // Лесоводство и агролесомелиорация. – Киев : Урожай, 1973. – Вып. 32. – С. 107–110.

53. Вершинин, П. В. Почвенная структура и условия ее формирования / П. В. Вершинин. – М.–Л. : Изд-во АН СССР, 1958. – 186 с.

54. Вильямс, В. Р. Почвоведение. Земледелие с основами почвоведения / В. Р. Вильямс / 4-е изд., пересмотр. и дополн. – М. : Сельхозгиз, 1940. – 459 с.

55. Возбуцкая, А. Е. Химия почв / А. Е. Возбуцкая. – М. : Высшая школа, 1968. – 428 с.

56. Вознюк, Г. Г. Состояние и основные направления рекультивации нарушенных земель на предприятиях угольной промышленности / Г. Г. Вознюк // Научно–технические проблемы рекультивации земель, нарушенных при добыче полезных ископаемых в СССР. – М. : [б.и.], 1978. – С. 41–49.

57. Войткевич, Г. В. Краткий справочник по геохимии / Г. В. Войткевич, А. Е. Мирошников, А. С. Поваренных, В. Г. Прохоров. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Недра, 1977. – 184 с.

58. Воронин, А. Д. Основы физики почв / А. Д. Воронин. – М. : Изд-во МГУ, 1986. – 246 с.

59. Восстановление техногенных ландшафтов Сибири (теория и технология). – Новосибирск : Наука, 1977. – 159 с.

60. Гапон, Е. Н. Адсорбция ионов и молекул коллоидной фракцией почвы и строение почвенных коллоидов / Е. Н. Гапон // Почвенный поглощающий комплекс и вопросы земледелия. – М. : Изд-во ВАСХНИЛ, 1937. – С. 35–96.

61. Гедройц, К. К. К вопросу о почвенной структуре и сельскохозяйственном ее значении / К. К. Гедройц // Изв. Гос. ин-та опытной агрономии. – 1926. – Т. 4, № 3. – С. 117–127.

62. Гинзбург, К. Е. Фосфор основных типов почв СССР / К. Е. Гинзбург. – М. : Наука, 1981. – 244 с.

63. Глазовская, М. А. Технопедогенез : формы проявлений / М. А. Глазовская, Н. П. Солнцева, А. Н. Геннадиев // Успехи почвоведения. – М. : Наука, 1986. – С. 106–112.

64. Глухов, О. З. Метод прямого фітотестування у рекультивації техногенних земель / О. З. Глухов, Г. І. Хархота, І. В. Агурова, С. І. Прохорова, С. П. Жуков, Ю. О. Штріц // Рекультивация складних техноекосистем у новому тисячолітті : ноосферний аспект : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (Дніпропетровськ, 29–30 травня 2012 р.) / М-во аграр. політики та продовольства України, Дніпропетр. держ. аграр. Ун-т, ПОО «Орджоникидзевский ГОК», Всеукр. екол. ліга. – Дніпропетровськ : Свідлер А. Л., 2012. – С. 135–136. – (Присвячується 50-річчю школи рекультивації порушених земель та 90-річчю Дніпропетр. держ. аграр. Ун-ту).

65. Гогатишвили, А. Д. Возделывание сельскохозяйственных и лесных культур на отвалах открытой разработки марганца и их роль в почвообразовании / А. Д. Гогатишвили // Растения и промышленная среда : Материалы III научной конференции. – Киев : Наукова думка, 1976. – С. 33–35.

66. Гогатишвили, А. Д. О результатах работ по рекультивации земель в Грузинской ССР / А. Д. Гогатишвили // Рекультивация земель. – Тарту : [б.и.], 1975. – С. 37–47.

67. Горбунов, Н. И. Классификация пород по степени их пригодности в сельском и лесном хозяйстве / Н. И. Горбунов, Н. Е. Бекаревич, Л. В. Етеревская, Л. В. Моторина, Б. М. Туник // Почвоведение. – 1971. – № 11. – С. 105–116.

68. Горбунов, Н. И. Минералогический состав, свойства и плодородие почв и пород, нарушенных промышленностью / Н. И. Горбунов, Б. М. Туник // Почвоведение. – 1969. – № 12. – С. 100–114.

69. Горбунов, Н. И. Рекультивация земель как часть проблемы рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды / Н. И. Горбунов, Т. Г. Зарубина, И. С. Заповалова, Б. М. Туник // Почвоведение. – 1976. – № 1. – С. 87–97.

70. Горбунов, Н. И. Связь минеральной части почв с гумусовыми веществами / Н. И. Горбунов, Г. Л. Ерохина, Г. Н. Щурина // Почвоведение. – 1971. – № 7. – С. 117–128.
71. Горбунов, Н. И. Теоретическое обоснование рекультивации земель и прогнозирования их пригодности в сельском лесном хозяйстве / Н. И. Горбунов, Б. М. Туник, В. Н. Орлов // Проблемы рекультивации земель в СССР. – Новосибирск : Наука, Сибирское отд., 1974. – С. 30–37.
72. ГОСТ 17.5.1.02–85. Охрана природы. Земли. Классификация нарушенных земель для рекультивации. М., 1985.
73. Гринь, Г. С. Полевая диагностика почв : учебное пособие / Г. С. Гринь. – Харьков, 1974. – 224 с.
74. Гришина, Л. А. Система показателей гумусного состояния почв / Л. А. Гришина, Д. С. Орлов // Тезисы докладов V съезда делегатов Всесоюзного общества почвоведов. – Минск : [б.и.], 1977. – Вып. 2. – С. 3–5.
75. Groshkov, G. Ya. Рекультивация поверхности после отработки запасов в углерезах Черемховского бассейна / Г. Я. Groshkov // Проблемы рекультивации земель в СССР. – Новосибирск : Наука, Сибирское отд., 1974. – С. 87–91.
76. Gurtova, V. N. Взаимодействие продуктов эрозии отвалов сульфидсодержащих пород с черноземами / В. Н. Gurtova, А. И. Савич, С. А. Шоба, Е. В. Кузьмина // Почвоведение. – 1980. – № 9. – С. 110–119.
77. Gurtova, V. N. Особенности почвообразования на карбонатных суглинках при рекультивации отвалов / В. Н. Gurtova, С. А. Шоба // Биологические науки. – 1978. – № 3. – С. 125–130.
78. Dan'ko, V. N. Итоги 10-летних работ по лесной рекультивации отвалов открытых разработок на Украине / В. Н. Данько // Республиканская научно-техническая конференция по повышению эффективности научных исследований и внедрению достижений науки в лесохозяйственное производство и полезащитное лесоразведение (23–25 марта 1971 г.) : тезисы докладов. – Харьков : [б.и.], 1971. – С.146–147.

79. Данько, В. Н. Лесная рекультивация в Никопольском марганцево-рудном бассейне / В. Н. Данько // Рекультивация промышленных пустошей. – М. : [б.и.], 1972. – С. 90–102.

80. Данько, В. Н. Лесные рекультивации на отвалах открытых горнопромышленных разработок Украины / В. Н. Данько // Лесоводство и агролесомелиорация. – Киев : Урожай, 1969. – Вып. 18. – С. 7–11.

81. Данько, В. Н. О подборе пород для облесения отвалов открытых разработок марганца в Днепропетровской области / В. Н. Данько, Г. М. Маковский // Лесоводство и агролесомелиорация. – Киев : Урожай, 1969. – Вып. 18. – С. 12–16.

82. Демидов, А. А. Рекультивация техногенных ландшафтов в контексте устойчивого развития / А. А. Демидов, А. С. Кобец, И. Х. Узбек, П. В. Волох, Ю. И. Грицан, В. И. Дырда // Рекультивация складних техноекосистем у новому тисячолітті : ноосферний аспект : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. (Дніпропетровськ, 29–30 травня 2012 р.) / М-во аграр. політики та продовольства України, Дніпропетр. держ. аграр. Ун-т, ПОО «Орджоникидзевский ГОК», Всеукр. екол. ліга. – Дніпропетровськ : Свідлер А. Л., 2012. – С. 17–22. – (Присвячується 50-річчю школи рекультивації порушених земель та 90-річчю Дніпропетр. держ. аграр. ун-ту).

83. Джонас, Ф. Развитие антропогенных почв на отвалах в районах добычи лигнитов в Чехословакии / Ф. Джонас // Труды X Международного конгресса почвоведов. – М. : Наука, 1974. – Т. 4. – С.390–397.

84. Дмитрова, Я. А. Субстратно-фитоценоотические характеристики участков самозарастания и рекультивации карьерно-отвальных комплексов : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.02.08 / Янина Александровна Дмитрова. – М., 2019. – 22 с.

85. Добровольский, И. А. Шламовые поля горно-обогатительных комбинатов Криворожского бассейна и некоторые вопросы их рекультивации / И. А. Добровольский, А. Т. Ефанов // Рефераты докладов и сообщений 4-го Уральского совещания. – Свердловск, 1969. – С. 43–44.

86. Додатко, Э. Л. Химико-минералогический состав пород Семеновско-Головинского бурогоугольного карьера / Э. Л. Додатко // Почвоведение. – 1972. – № 1. – С. 86–95.
87. Докучаев, В. В. Русский чернозем / В. В. Докучаев. – СПб. : Типография Деклерона и Евдокимова, 1883. – 376 с.
88. Дудкин, Ю. И. Геохимическое воздействие токсичных отвалов на слой землевания в районах КМА / Ю. И. Дудкин // Экологические проблемы аграрного производства. – Днепропетровск : [б.и.], 1992. – Симпозиум 1. – С. 127.
89. Дудкин, Ю. И. Гумусовое состояние и его трансформация при известковании молодых почв на отвалах Курской магнитной аномалии (КМА) / Ю. И. Дудкин // Тезисы докладов VIII Всесоюзного съезда почвоведов (14–18 августа 1989 г., Новосибирск). – Новосибирск : [б.и.], 1989. – Кн. первая. – С. 188.
90. Дудкин, Ю. И. Почвообразование на отвалах открытых горных разработок с сульфидсодержащими породами / Ю. И. Дудкин, А. И. Савич // Тезисы докладов VIII Всесоюзного съезда почвоведов (14–18 августа 1989 г., Новосибирск). – Новосибирск : [б.и.], 1989. – Кн. шестая. – С. 196–201.
91. Екологія кризових регіонів України : Тези доповідей міжнар. конф., м. Дніпропетровськ, 17–20 вересня 2001 р. : наукове видання. – Дніпропетровськ : РВВ ДНУ, 2001. – 172 с.
92. Еленкин, А. А. 1921. Закон подвижного равновесия в сожительствах и сообществах растений / А. А. Еленкин // Известия Главного ботанического сада РСФСР. – 1921. – Т. 20, вып. 2. – С. 75–121.
93. Елпатьевская, В. П. Почвообразование на отвалах сульфидных месторождений (юг Дальнего Востока) / В. П. Елпатьевская // Почвоведение. – 1995. – № 2. – С. 239–246.
94. Емлин, Э. Ф. Техногенез колчеданных месторождений Урала / Э. Ф. Емлин. – Свердловск : Изд-во Уральского ун-та, 1991. – 256 с.
95. Етеревская, Л. В. Качественный состав гумуса и микроморфология примитивных почв на лессовых отвалах / Л. В. Етеревская, Е. Г. Мамонтова // Рекультивация земель. – Тарту : [б.и.], 1975. – С. 250–257.

96. Етеревская, Л. В. Основные проблемы создания эффективного плодородия рекультивированных земель в условиях Донбасса. / Л.В. Етеревская, Г. Г. Шкляр // Рекультивация ландшафтов, нарушенных промышленной деятельностью : тезисы докладов VI Международного симпозиума, 7–13 июля 1976 г., Донецк – М. : [б.и.], 1976. – С. 105–109.

97. Етеревская, Л. В. Первоочередные задачи исследований по рекультивации земель / Л. В. Етеревская, Л. В. Моторина, В. А. Овчинников // Теоретические и практические проблемы рекультивации нарушенных земель : тезисы докладов II Всесоюзного совещания по рекультивации (Донецк, 1975 г.). – М. : [б.и.], 1975. – С. 5–21.

98. Етеревская, Л. В. Процессы почвообразования в техногенных ландшафтах степи УССР / Л. В. Етеревская, В. А. Угарова // Почвообразование в техногенных ландшафтах. – Новосибирск : Наука, 1979. – С. 140–156.

99. Етеревская Л.В., Донченко М.Т., Лехциер Л.В. К вопросу о систематике и классификации техногенных почв // Рекультивация земель в СССР. М., 1982.–С. 67–70.

100. Жиленко, М. І. Особливості формування кореневої системи сільськогосподарських культур на рекультивованих землях Західного Донбасу / М. І. Жиленко // Рекультивація складних техноекосистем у новому тисячолітті : ноосферний аспект : матеріали Міжнар. наук.–практ. конф. (Дніпропетровськ, 29–30 травня 2012 р.) / М-во аграр. політики та продовольства України, Дніпропетр. держ. аграр. ун-т, ПОО «Орджоникидзевський ГОК», Всеукр. екол. ліга. – Дніпропетровськ : Свідлер А. Л., 2012. – С. 143–144. – (Присвячується 50-річчю школи рекультивації порушених земель та 90-річчю Дніпропетр. держ. аграр. ун-ту).

101. Зайцев, Г. А. Лесная рекультивация / Г. А. Зайцев, Л. В. Моторина, В. В. Данько. – М.: Лесная промышленность, 1977. – 128 с.

102. Зайцев, Г. А. Роль тионовых бактерий в окислении сульфидов железа в грунтах отвалов и терриконов угольных разработок в Подмосковном бассейне / Г. А. Зайцев // Известия АН СССР. Сер. биол. – 1970. – № 5. – С. 747–754.

103. Зверковский, В. Н. Особенности развития лесных насаждений в многолетнем эксперименте по рекультивации отвала шахты «Павлоградская» / В. Н. Зверковский // Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель. – Дніпропетровськ : РВВ ДНУ, 2002. – С. 21–30.

104. Зверковский, В. Н. Биоэкологическое обоснование природоохранных мероприятий на нарушенных землях Западного Донбасса / В. Н. Зверковский, Н. Н. Цветкова, М. С. Якуба // Промислова ботаніка: стан та перспективи розвитку : матер. IV Міжнар. наук. конф. (Донецьк, вересень 2003). – Донецьк : ТОВ «Лебідь», 2003. – С. 30–33.

105. Зверковский, В. Н. Лесная рекультивация как эффективный способ освоения нарушенных земель / В. Н. Зверковский, Н. А. Полященко // Проблеми лісової рекультивації порушених земель України : тези доповідей Міжнар. конф., Дніпропетровськ, 19–22 вересня 2006 р. – Дніпропетровськ : Вид-во ДНУ, 2006. – С. 8–12.

106. Зверковський, В. М. Біоекологічні аспекти лісової рекультивації порушених земель Західного Донбасу / В. М. Зверковський, Н. П. Тупіка // Екологія кризових регіонів України : тези доповідей міжнар. конф., Дніпропетровськ, 17–20 вересня 2001 р. : наукове видання. – Дніпропетровськ : РВВ ДНУ, 2001. – С.9–10.

107. Зверковський, В. М. Вивчення ступеня придатності насипного штучного ґрунту для біологічної рекультивації / В. М. Зверковський, Т. М. Євтушенко // Рекультивація складних техноекосистем у новому тисячолітті : ноосферний аспект : матеріали Міжнар. наук.–практ. конф. (Дніпропетровськ, 29–30 травня 2012 р.) / М-во аграр. політики та продовольства України, Дніпропетр. держ. аграр. ун-т, ПОО «Орджоникидзевський ГОК», Всеукр. екол. ліга. – Дніпропетровськ : Свідлер А. Л., 2012. – С. 163–164. – (Присвячується 50-річчю школи рекультивації порушених земель та 90-річчю Дніпропетр. держ. аграр. ун-ту).

108. Зверковський, В. М. Відновлення ґрунтів техногенних ландшафтів Західного Донбасу / В. М. Зверковський // Агрохімія і ґрунтознавство : Спец. випуск до 5-го з'їзду УТГА. – Харків, 1998. – Ч. 3. – С.106–107.

109. Зверковський, В. М. Експериментально–виробничі ділянки лісової рекультивації Західного Донбасу / В. М. Зверковський // Екологія кризових регіонів України : тези доповідей міжнар. конф., Дніпропетровськ, 17–20 вересня 2001 р. : наукове видання. – Дніпропетровськ : РВВ ДНУ, 2001. – С. 11.

110. Зверковський, В. М. Лісові екосистеми і методи їх відновлення в умовах техногенезу / В. М. Зверковський, І. Г. Довгалюк // Рекультивація складних техноекосистем у новому тисячолітті: ноосферний аспект : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. – Дніпропетровськ : ДДАУ, 2012. – С. 228–230.

111. Зверковський, В. М. Штучні ґрунти на рекультивованих шахтних відвалах Західного Донбасу / В. М. Зверковський, Ю. І. Грицан, Н. П. Тупіка // Агрохімія і ґрунтознавство : Спец. вип. до VII з'їзду УТГА. – Харків : [б.в.], 2006. – Кн. 3. – С.229–231.

112. Зонн, С. В. Алюміній. Роль в почвообразовании и влияние на растения / С. В. Зонн, А. П. Травлеев. – Днепропетровск : Изд-во ДГУ, 1992. – 224 с.

113. Зонн, С. В. Железо в почвах (генетические и географические аспекты) / С. В. Зонн. – М. : Наука, 1982. – 207 с.

114. Зонн, С. В. О группах и формах железа как показателях генетических различий почв / С. В. Зонн, А. Н. Ерошкина, Л. А. Карманова // Почвоведение. – 1976. – №10. – С. 3–12.

115. Зубова, Л. Г. Терриконики угольных шахт – источник сырья для металлургии / Л. Г. Зубова // Уголь Украины. – 2000. – № 7. – С. 32–33.

116. Ижевская, Т. И. Сульфидсодержащие породы и их роль при рекультивации отвалов открытых бурогольных разработок / Т. И. Ижевская, А. И. Савич, В. Н. Чеклина // Труды X Международного конгресса почвоведов. – М. : Наука, 1974. – Т. IV, комиссия IV. Плодородие почв. – С. 427–432.

117. Кабаненко, В. П. Изменение химических свойств рекультивированных земель в Западном Донбассе / В. П. Кабаненко // Тезисы докладов VIII Всесоюзного съезда почвоведов (14–18 августа 1989 г., Новосибирск). – Новосибирск : [б.и.], 1989. – Кн. первая. – С. 204.

118. Кабаненко, В. П. Особенности горно–технического этапа рекультивации земель в Западном Донбассе / В. П. Кабаненко // Экологические проблемы аграрного производства: Материалы межрегиональной научно–практической конференции. – Днепропетровск : [б.и.], 1992. – Симпозиум 1. – С. 53.

119. Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – М. : Мир, 1989. – 440 с.

120. Кайданович, О. А. О выщелачивании сульфидных техногенных элювиев шахтных отвалов / О. А. Кайданович // Промислова ботаніка : стан та перспективи розвитку : матеріали IV Міжнар. наук. конф. Донецьк, вересень 2003 р. – Донецьк : ТОВ «Лебідь», 2003. – С. 33–35.

121. Кайданович, О. А. Результаты физико–химической рекультивации сульфидных горных пород отвалов Западного Донбасса под хвойные растения / О. А. Кайданович // Рациональне використання рекультивованих та еродованих земель : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. 29–31 травня 2001 року, Дніпропетровськ – Орджонікідзе. – Дніпропетровськ : [б.в.], 2002. – С. 69–70.

122. Каравайко, Г. И. Микроорганизмы рудных месторождений как физиологическая и геохимическая деятельность / Г. И. Каравайко, Н. Н. Ляликова, Т. А. Пивоварова // Экология и геохимическая деятельность микроорганизмов. – Пушкино : [б.и.], 1976. – С. 25–27.

123. Качинский, Н. А. Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения/ Н. А. Качинский. – М. : Изд-во АН СССР, 1958. – 192 с.

124. Качинский, Н.,А. О структуре почвы, некоторых водных ее свойствах и дифференциальной порозности / Н. А. Качинский // Почвоведение. – 1947. – № 6. – С. 336–348.

125. Качинский, Н.,А. Оценка основных физических свойств почв в агрономических целях и природного плодородия их по механическому составу / Н. А. Качинский // Почвоведение. – 1958. – № 5. – С. 80–83.

126. Келеберда, Т. Н. Интенсификация почвенных процессов в техногенных ландшафтах и вопросы систематики образованных почв / Т. Н. Келеберда, А. Н. Другов // Тезисы докладов I делегатского съезда почвоведов и агрохимиков Украинской ССР 8–11 июня 1982 года. – Харьков : [б.и.], 1982. – Мелиорация, борьба с эрозией, рекультивация почв. – С. 89–90.

127. Келеберда, Т. Н. Почвообразование и классификация почв пост-техногенных ландшафтов / Т. Н. Келеберда // Тезисы докладов III съезда почвоведов и агрохимиков УССР 11–14 сентября 1990 г. – Харьков : [б.и.], 1990. – Почвоведение. – С. 78–79.

128. Келеберда, Т. Н. Пригодность отвалов угольных шахт для биологического освоения / Т. Н. Келеберда, Л. Г. Зубова // Тезисы докладов I делегатского съезда почвоведов и агрохимиков Украинской ССР 8–11 июня 1982 года. – Харьков : [б.и.], 1982. – Мелиорация, борьба с эрозией, рекультивация почв. – С. 136.

129. Келеберда, Т.Н. Фитомелиорация техногенных грунтов и инвертазная активность / Т. Н. Келеберда // Почвоведение. – 1976. – № 10. – С. 126–131.

130. Клевенская, И. Л. Микробно–растительные ассоциации техногенных экосистем / И. Л. Клевенская // Тезисы докладов VIII Всесоюзного съезда почвоведов. – Новосибирск : [б.и.], 1989. – Кн. 6. – С. 122–128.

131. Классификация и диагностика почв в России / Авторы и составители: Л. Л. Шишов, В. Д. Тонконогов, И. И. Лебедев, М. И. Герасимова. – Смоленск : Ойкумена, 2004. – 342 с.

132. Ковда, В. А. Основы учения о почвах. Общая теория почвообразовательного процесса / В. А. Ковда. – М. : Наука, 1973. – Кн. 2. – 468 с.

133. Козыбаева, Ф. Е. Рекультивация отвалов и содержание тяжелых металлов в почвогрунтах и растениях Зырянского месторождения /

Ф. Е. Козыбаева, Э. А. Мурсалимова // Современные проблемы загрязнения почв : Междунар. науч. конф. – М. : Изд-во МГУ, 2004. – С. 313–315.

134. Колбасин, А. А. Современное состояние и перспективы рекультивации нарушенных земель: масштабы и динамика процесса / А. А. Колбасин // Труды Днепропетровского СХИ. – Днепропетровск, 1984. – Т. 49. Эколого–биологические и социально–экономические основы сельскохозяйственной рекультивации в степной черноземной зоне УССР. – С. 3–12.

135. Колоскова, А. В. Физико–химические свойства водопрочных агрегатов разного размера / А. В. Колоскова, Г. Н. Щукина // Научные доклады Высшей школы. Биологические науки. – 1961. – № 1. – С. 198–202.

136. Комиссаров, И. Д. Химическая природа гумусовых веществ молодых почв, техногенных элювиев и окисленных углей Кузбасса и их взаимодействие с минералами / И. Д. Комиссаров, И. Н. Стрельцова, Т. П. Кузнецова // Почвообразование в техногенных ландшафтах. – Новосибирск : Наука, 1979. – С. 212–258.

137. Кондратюк, Е. Н. Промышленная ботаника / Е. Н. Кондратюк, В. П. Тарабрин, В. И. Бакланов, Р. И. Бурда, А. И. Хархота. – Киев : Наукова думка, 1980. – 260 с.

138. Кондратюк, Е. Н. Рекультивация нарушенных земель в Украинской ССР / Е. Н. Кондратюк, М. Л. Рева, В. И. Бакланов, А. К. Поляков / Рекультивация ландшафтов, нарушенных промышленной деятельностью : тезисы докладов VI Международного симпозиума, 7–13 июля 1976 г. Донецк – М. : [б.и.], 1976. – С. 237–242.

139. Копцева, Е. М. Естественное восстановление растительности на техногенных местообитаниях Крайнего Севера : Ямальский сектор Арктики : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.05 / Елена Михайловна Копцева. – СПб., 2005. – 237 с.

140. Корженевский, В. В. Мелиоративно–агротехнические приемы рекультивации породных отвалов / В. В. Корженевский, А. В. Мухин,

А. Е. Оболонский, Н. Е. Опанасенко, Ю. М. Халимендик // Науковий вісник НГА України. – 2001. – № 2. – С. 95–98.

141. Корженевский, В. В. Сукцессии растительности на сульфидсодержащих породах / В. В. Корженевский, Н. А. Багрикова, Н. Е. Опанасенко, И. В. Бабич // Відновлення порушених природних екосистем : матеріали I міжнар. наук. конф. Донецький бот. сад НАН України. – Донецьк : ТОВ «Лебідь», 2002. – С. 202–206.

142. Королев, В. А. Изменение физических свойств черноземов обыкновенных при длительном сельскохозяйственном использовании / В. А. Королев // Почвоведение. – 2002. – № 6. – С. 697–704.

143. Коршиков, И. И. Жизнеспособность древесных растений на железорудных отвалах Криворожья / И. И. Коршиков, О. В. Красноштан. – Донецк : Цифрова типографія, 2012. – 280 с.

144. Костенко, И. В. Изучение процессов гумусообразования на отвалах сульфидных шахтных пород Западного Донбасса / И. В. Костенко, Н. Е. Опанасенко // Проблеми збереження, відновлення біорізноманітності в умовах антропогенно зміненого середовища : матеріали Міжнар. наук. конф. (Кривий Ріг, 16–19 травня 2005 р.). – Дніпропетровськ : [б.в.], 2005. – С. 366–368.

145. Костенко, И. В. Начальные этапы почвообразования на отвалах сульфидных пород Западного Донбасса / И. В. Костенко, Н. Е. Опанасенко, И. В. Бабич, О. А. Кайданович // Агрохімія і ґрунтознавство. Спец. вип. до VII з'їзду УТГА (липень 2006 р., м. Київ). Ґрунти – основа добробуту держави, турбота кожного. – Харків : [б.в.], 2006. – Кн. 3. – С. 247–249.

146. Костенко, И. В. Некоторые результаты изучения естественного зарастания отвалов сульфидных шахтных пород Западного Донбасса / И. В. Костенко, Н. Е. Опанасенко // Відновлення порушених природних екосистем : матеріали Першої Міжнар. наук. конф. Донецький бот. сад НАН України. – Донецьк : ТОВ «Лебідь», 2002. – С. 218–222.

147. Костенко, И. В. Органическое вещество техногенных почв и субстратов на отвалах сульфидных шахтных пород (углистых аргиллитов)

Западного Донбасса / И. В. Костенко, Н. Е. Опанасенко // Почвоведение. – 2007. – № 3. – С. 348–358.

148. Костенко, И. В. Оценка некоторых результатов рекультивации сульфидсодержащих шахтных пород в Западном Донбассе / И. В. Костенко // Рациональне використання рекультивованих та еродованих земель: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. 29–31 травня 2001 року, Дніпропетровськ – Орджонікідзе. – Дніпропетровськ : [б.в.], 2002. – С. 79–84.

149. Костенко, И. В. Подвижность Al, Mn и Na в сульфидной породе и техногенных почвах на шахтных отвалах Западного Донбасса / И. В. Костенко, Н. Е. Опанасенко // Современные проблемы загрязнения почв : Международная научная конференция. – М. : Изд-во МГУ, 2004. – С. 133–135.

150. Костенко, И. В. Почвообразование на отвалах сульфидных шахтных пород Западного Донбасса при их зарастании / И. В. Костенко, Н. Е. Опанасенко // Почвоведение. – 2005. – № 11. – С. 1357–1365.

151. Костенко, И. В. Трансформация соединений серы в кислых сульфатных породах шахт Западного Донбасса / И. В. Костенко, Н. Е. Опанасенко // Оптимізація агроландшафтів: раціональне використання, рекультивація, охорона : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. – Дніпропетровськ : [б.в.], 2003. – С.185–186.

152. Костенко, І. В. Вплив властивостей техногенного ґрунту шахтного відвалу на продуктивність та хімічний склад люцерни / І. В. Костенко, М. Є. Опанасенко // Вісник аграрної науки. – 2005. – № 10. – С. 45–48.

153. Костенко, І. В. Особливості ґрунтоутворення на відвалах шахтних порід у Західному Донбасі / І. В. Костенко // Вісник аграрної науки. – 1999. – № 4. – С. 15–18.

154. Костенко, І. В. Трансформація фітотоксичних властивостей сульфідних шахтних порід на відвалах Західного Донбасу у процесі ґрунтоутворення / І. В. Костенко, М. Є. Опанасенко, О. О. Кайданович, І. В. Бабич // Агроекологічний журнал. – 2008. – № 3. – С. 16–21.

155. Костина, Е. Э. Особенности структуры напочвенного покрова в песчано-гравийных карьерах Республики Карелия / Е. Э. Костина // Современная ботаника в России. Труды XIII Съезда Русского ботанического общества и конференции «Научные основы охраны и рационального использования растительного покрова Волжского бассейна» (Тольятти 16–22 сентября 2013). – Тольятти : Кассандра, 2013. – Т. 2. – С. 241–243.

156. Костычев, П. А. Избранные труды / П. А. Костычев. – М. : Изд-во АН СССР, 1951. – 668 с.

157. Красавин, А. П. У истоков отраслевой экологии / А. П. Красавин. – Пермь : Золотой город, 2001. – 268 с.

158. Красильников, П. В. Механизмы необменного поглощения калия и натрия экстремально кислыми почвами таежной зоны / П. В. Красильников, О. К. Фомин // Почвоведение. – 2000. – № 7. – С. 808–813.

159. Красильников, П. В. Роль окисления сульфидов в генезисе дерновых шунгитовых железистых почв Карелии / П. В. Красильников, А. М. Володин // Почвоведение. – 1996. – № 6. – С. 743–753.

160. Красильников, П. В. Трансформация слоистых силикатов в почве, сопутствующая окислению сульфидных руд / П. В. Красильников // Почвоведение. – 1997 – № 10. – С. 1250–1259.

161. Кроик, А. А. Влияние процессов выщелачивания на техногенное преобразование природных вод / А. А. Кроик // Екологія кризових регіонів України: тези доповідей міжнар. конф., Дніпропетровськ, 17–20 вересня 2001 р. : наукове видання. – Дніпропетровськ : РВВ ДНУ, 2001. – С. 118.

162. Кроик, А. А. Проблемы экотоксикологической оценки почвогрунтов на участках рекультивации Западного Донбасса / А. А. Кроик // Проблемы аграрного производства. – Днепропетровск : [б.и.], 1992. – Симпозиум 1. – С. 100.

163. Кроик, А. А. Техногенные геохимические преобразования на участках рекультивации Западного Донбасса / А. А. Кроик // Рациональне використання рекультивованих та еродованих земель : матеріали Міжнар. науково-практ. конф.

29–31 травня 2001 року, Дніпропетровськ – Орджонікідзе. – Дніпропетровськ, 2002. – С. 107–109.

164. Кроїк, Г. А. Техногенні перетворення ґрунтів на ділянках рекультивації гірничодобувних регіонів / Г. А. Кроїк, О. Ю. Синицька, В. В. Варванська, К. І. Махинько // Рекультивация складних техноecosистем у новому тисячолітті: ноосферний аспект : матеріали міжнар. наук.-практ. конф. – Дніпропетровськ : ДДАУ, 2012. – С. 166–169.

165. Крупеников, И. А. Некоторые проблемы рекультивации земель (создание новых культурных ландшафтов) / И. А. Крупеников, А. М. Холмецкий. – М. : Знание, 1979. – 48 с.

166. Крупский, Н. К. К вопросу о коллоидно-химических исследованиях гумуса чернозема как дисперсной системы / Н. К. Крупский, Н. И. Лактионов // Труды Украинского НИИ почвоведения. – Харьков : [б.и.], 1959. – Т. 4. – С. 120–131.

167. Крупський, М. К. Дослідження макроагрегатного складу ґрунтів у зв'язку з розробкою стандартного методу його визначення / М. К. Крупський, В. В. Медведєв // Агрохімія та ґрунтознавство. – Київ : [б.в.], 1968. – Вип. 7. – С. 120–131.

168. Кузнецов, С. И. Введение в геологическую микробиологию / С. И. Кузнецов, М. В. Иванов и Н. Н. Ляликова. – М. : Изд-во АН СССР, 1962. – 239 с.

169. Кузнецова, И. В. О некоторых критериях оценки физических свойств почв / И. В. Кузнецова // Почвоведение. – 1979. – № 3. – С. 81–88.

170. Кузнецова, И. В. Физические условия плодородия мощных черноземов / И. В. Кузнецова // Почвоведение. – 1967. – № 7. – С. 102–111.

171. Кулаков, К. Ф. Проблемы рекультивации лесных земель, нарушенных при добыче полезных ископаемых / К. Ф. Кулаков // Научно–технические проблемы рекультивации земель, нарушенных при добыче полезных ископаемых в СССР. – М. : [б.и.], 1978. – С. 71–78.

172. Кулебакин, В. Г. Микроорганизмы рекультивируемых отвалов Байдаевского углераза в Кузбассе и их окислительная активность / В. Г. Кулебакин // Почвообразование в техногенных ландшафтах. – Новосибирск : Наука, 1979. – С. 179–185.

173. Кулешов, М. Н. Использование извести и гипса для химической мелиорации и удобрения кислых почв / М. Н. Кулешов. – Харьков : ХСХИ им. В. В. Докучаева, 1980. – 39 с.

174. Кулик, А. Ф. Биологическая активность насыпных почвогрунтов на участках лесной рекультивации в Западном Донбассе / А. Ф. Кулик // Тезисы докладов VIII Всесоюзного съезда почвоведов (14–18 августа 1989 г., Новосибирск). – Новосибирск : [б.и.], 1989. – Кн. 1. – С. 206.

175. Курачев В.М., Андроханов В.А. Классификация почв техногенных ландшафтов Сибирский экологический журнал. – 2002. – № 3. – С. 255–261.

176. Кухаренко, Т. А. Гиматомелановые кислоты ископаемых углей / Т. А. Кухаренко и Л. Н. Екатеринина // Почвоведение. – 1960. – № 12. – С. 64–70.

177. Лавренко, Е. М. Степи СССР / Е. М. Лавренко // Растительность СССР : в 2-х т. – М. –Л.: Изд-во АН СССР, 1940. – Т. 2. – С. 1–265.

178. Ландгрэн, Д. Д., Вестал Д.Р., Табита Ф.Р. Микробиологическое загрязнение шахтных дренажных коллекторов / Д. Д. Ландгрэн, Д. Р. Вестал, Ф. Р. Табита // Микробиология загрязненных вод. – М. : Медицина, 1976. – С. 1–265

179. Лебедева, Н. А. Формирование травянистых фитоценозов на отвале карьера по добыче алмазов в Якутии / Н. А. Лебедева // Проблемы аграрного производства. – Днепропетровск : [б.и.], 1992. – Симпозиум 1. – С. 106.

180. Логгинов, Б. И. Обезвреживание и использование терриконов угольных шахт Донбасса / Б. И. Логгинов, Л. С. Киричек // Научно-технические проблемы рекультивации земель, нарушенных при добыче полезных ископаемых в СССР. – М. : [б.и.], 1978. – С. 232–236.

181. Максимович, Н. Г. Влияние Кизеловского угольного бассейна на геохимию р. Косьвы / Н. Г. Максимович, Е. А. Меньшикова, С. М. Блинов //

Современные проблемы геологии Западного Урала : тезисы докладов научной конференции. – Пермь, 1995. – С. 121.

182. Максимович, Н. Г. Геохимические изменения геологической среды при разработке угольных месторождений / Н. Г. Максимович, К. А. Горбунова // Известия ВУЗов. Геология и разведка. – 1991. – № 5. – С. 137–140.

183. Максимович, Н. Г. Геохимия угольных месторождений и окружающая среда / Н. Г. Максимович // Вестник Пермского университета. Геология. – 1997. – Вып. 4. – С. 171–185.

184. Максимович, Н. Г. Геоэкологическое состояние рек в районах освоения угольных месторождений / Н. Г. Максимович, Е. А. Меньшикова, С. М. Блинов // Геология и минеральные ресурсы Европейского северо–востока России: новые результаты и новые перспективы : материалы XIII Геологического съезда Республики Коми. – Сыктывкар : [б.и.], 1999. – С. 156–159.

185. Максимович, Н. Г. Некоторые техногенные минералы Уральского региона / Н. Г. Максимович, Е. А. Меньшикова, С. М. Блинов // Минералогия техногенеза – 2000. – Миасс : Ин-т минералогии УрО РАН, 2000. – С. 62–67.

186. Манаков, Ю. А. Восстановление растительного покрова в техногенных ландшафтах Кузбаса : автореф. дис. ... д-ра биол. наук : 03.02.08 / Юрий Александрович Манаков.– Кемерово, 2012. – 42 с.

187. Масюк, А. Н. Конструктивная биогеоценология – теоретическая основа рекультивации земель / А. Н. Масюк // Екологія кризових регіонів України : тези доповідей міжнар. конф., Дніпропетровськ, 17–20 вересня 2001 р. : наукове видання. – Дніпропетровськ : РВВ ДНУ, 2001. – С. 35.

188. Масюк, А. Н. Особенности диагностики почвообразования на рекультивированных землях / А. Н. Масюк // Тезисы докладов III делегатского съезда почвоведов и агрохимиков Украинской ССР 11–14 сентября 1990 года.– Харьков : УкрНИИ почвоведения и агрохимии, 1990. – Почвоведение. – С. 109–111.

189. Масюк, А. Н. Особенности формирования корневой системы Робинии лжеакации в разных лесорастительных условиях, созданных

на рекультивированных землях / А. Н. Масюк // Грунтознавство. – 2009. – Т. 10, № 1–2(14). – С. 65–70.

190. Масюк, Н. Т. Бабенко П.П. Особенности почвообразовательного процесса на различных вариантах рекультивационных земель в Западном Донбассе / Н. Т. Масюк, П. П. Бабенко // Экологические проблемы аграрного производства : Материалы межрегиональной научно-практической конф. – Днепропетровск : [б.и.], 1992. – Симпозиум 1. – С. 44–49.

191. Масюк, Н. Т. Изучение растительности пород и образующихся почв на участках открытых разработок в Никопольском марганцеворудном бассейне : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Н. Т. Масюк. – Днепропетровск, 1968. – 19 с.

192. Масюк, Н. Т. Некоторые программно-методические вопросы изучения биогеоценологического покрова в техногенных ландшафтах / Н. Т. Масюк, Н. Е. Бекаревич // Программа и методы изучения техногенных биогеоценозов. – М. : Наука, 1978. – С. 89–104.

193. Масюк, Н. Т. Особенности формирования естественных и культурных фитоценозов на вскрышных горных породах в местах произведенной добычи полезных ископаемых / Н. Т. Масюк // Труды Днепропетровского СХИ. – 1974. – Т. 26. – С. 62–105.

194. Масюк, Н. Т. Плодородие искусственных почвенно–экологических систем, формируемых при техногенной трансформации черноземов / Н. Т. Масюк // Труды Днепропетровского СХИ. – Днепропетровск, 1984. – Т. 49. Эколого-биологические и социально-экономические основы сельскохозяйственной рекультивации в степной черноземной зоне УССР Днепропетровск, 1984. – С. 71–88.

195. Масюк, Н. Т. Теоретические предпосылки и обоснование оптимизированных моделей рекультивируемого эдафотопы в Степной черноземной зоне // Растения и промышленная среда : материалы III научной конференции. – Киев : Наукова думка, 1976. – С. 48–50.

196. Масюк, Н. Т. Экологические основы получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур на рекультивированных землях / Н. Т. Масюк //

Тезисы докладов III делегатского съезда почвоведов и агрохимиков УССР 11–14 сентября 1990 года.– Харьков : УкрНИИ почвоведения и агрохимии, 1990. – Пленарные доклады. – С. 31–34.

197. Масюк, Н. Т. Эколого–биологическая классификация горных пород / Н. Т. Масюк // Экологические проблемы аграрного производства : Материалы межрегиональной научно-практической конференции. – Днепропетровск : [б.и.], 1992. – Симпозиум 1. – С 33–43.

198. Масюк, Н. Т. Эколого–гидрологические эффекты, открытые в процессе изучения, создания и освоения рекультивированных земель // Тезисы докладов II съезда почвоведов и агрохимиков УССР 21–24 октября 1986 года. – Харьков : [б.и.], 1986. – Агрохимия и плодородие почв. Рекультивация земель, борьба с эрозией почв, обработка почв. – С. 108.

199. Масюк, О. Н. Профільні зміни фізичних властивостей в техноземах з диференційованими за гранулометричним складом шарами // Рекультивація складних техноекосистем у новому тисячолітті : ноосферний аспект : матеріали Міжнар. наук.–практ. конф. (Дніпропетровськ, 29–30 травня 2012 р.) / М-во аграр. політики та продовольства України, Дніпропетр. держ. аграр. ун-т, ПОО «Орджоникидзевський ГОК», Всеукр. екол. ліга. – Дніпропетровськ : Свідлер А. Л., 2012. – С. 336–340. – (Присвячується 50-річчю школи рекультивації порушених земель та 90-річчю Дніпропетр. держ. аграр. ун-ту).

200. Махонина, Г. И. Основные итоги и задачи биологической рекультивации нарушенных земель на Урале / Г. И. Махонина, Т. С. Чибрик, С. Я. Левит // Тезисы докладов VIII Всесоюзного съезда почвоведов (14–18 августа 1989 г., Новосибирск). – Новосибирск, 1989. – Кн. 6. – С. 190–195.

201. Махонина, Г. И. Скорость гумусонакопления на самозарастающих отвалах Урала / Г. И. Махонина // Растения и промышленная среда. – Свердловск : [б.и.], 1990. – С. 22–33.

202. Махонина, Г. И. Состав гумуса почв, образующихся на буроугольных отвалах при естественном зарастании / Г. И. Махонина // Проблемы

рекультивации земель в СССР. – Новосибирск : Наука, Сибирское отд., 1974. – С. 205–209.

203. Махонина, Г. И. Экологические аспекты почвообразования в техногенных экосистемах Урала / Г. И. Махонина. – Екатеринбург : Изд-во Уральского ун-та, 2003. – 355 с.

204. Махонина, Г. И. Экологические проблемы рекультивации промышленных отвалов Урала / Г. И. Махонина // Экологические проблемы аграрного производства : Материалы межрегиональной научно-практической конф. – Днепропетровск : [б.и.], 1992. – Симпозиум 1. – С 117.

205. Медведев, В. В. Почвенно-экологические условия возделывания сельскохозяйственных культур / В. В. Медведев, А. Я. Бука, Д. Н. Губарева / под ред. В. В. Медведева. – Киев : Урожай, 1991. – 173 с.

206. Медведев, В. В. Изменение агрофизических свойств черноземов в условиях интенсивного земледелия / В. В. Медведев // Проблемы почвоведения (советские почвоведы к XII Международному конгрессу в Индии, 1982 г.). – М. : Наука, 1982. – С. 21–25.

207. Медведев, В. В. Почвенно-экологические условия возделывания сельскохозяйственных культур / В. В. Медведев, А. Я. Бука, Д. Н. Губарева, Р. Г. Деревянко, Г. М. Кривоносова / под ред. В. В. Медведева. – К. : Урожай, 1991. – 176 с.

208. Медведев, В. В. Структура почвы : методы, генезис, классификация, география, мониторинг, охрана / В. В. Медведев. – Харьков : 13 типография, 2008. – 406 с.

209. Методические указания к выполнению научно-исследовательской работы студентов на тему «Характеристика гумусового состояния почв при их сельскохозяйственном использовании» / Сост. Н. И. Лактионов, В. В. Дегтярев. – Харьков : [б.и.], 1985. – 25 с.

210. Мигунова, Е. С. О токсичности легкорастворимых солей и реакция на них древесных пород / Е. С. Мигунова // Почвоведение. – 1985. – №1. – С. 115–125.

211. Миркин, Б. М. Антропогенная динамика растительности / Б. М. Миркин // Итоги науки и техники. Сер. Ботаника. – Москва : ВИНТИ, 1984. – Т. 5. Геоботаника. – С. 139–232.

212. Моторина, Л. В. Естественное зарастание отвалов открытых разработок / Л. В. Моторина // Охрана природы на Урале. – Свердловск : [б.и.], 1970. – Вып. 7. – С. 118–122.

213. Моторина, Л. В. Некоторые итоги рекультивации земель в Тульской области // Проблемы рекультивации земель в СССР. – Новосибирск : Наука, Сибирское отд., 1974. – С. 91–97.

214. Моторина, Л. В. Опыт рекультивации нарушенных промышленностью ландшафтов в СССР и в зарубежных странах / Л. В. Моторина // Обзорная информация ВНИИТЭИСХ. – М. : [б.и.], 1975. – С. 18–46.

215. Моторина, Л. В. Промышленность и рекультивация земель / Л. В. Моторина, В. А. Овчинникова. – М. : Мысль, 1975. – 240 с.

216. Моторина, Л. В. Рекультивация отвалов в Подмосковном бассейне на буроугольных месторождениях с сульфидсодержащими породами в вскрыше / Л. В. Моторина, Г. А. Зайцев, А. И. Савич // Международный симпозиум по вопросам рекультивации нарушенных промышленностью территорий, (Лейпциг, 1970) / Ин-т ландшафтоведения и охраны природы ГАЛЛЕ, ЗААЛЕ Нем. акад. с.-х. наук в Берлине. – Лейпциг, 1970. – Ч. 2. – С. 142–143.

217. Моторина, Л. В. К вопросу о типологии и классификации техногенных ландшафтов // Научные основы охраны природы. – М. : [б.и.], 1975. – Вып. 3. – С. 5–30.

218. Мыщык, А. А. Плодородие рекультивированных земель в зоне Сухой Степи / А. А. Мыщык, В. В. Кулинич // Тезисы докладов III делегатского съезда почвоведов и агрохимиков Украинской ССР 11–14 сентября 1990 года. – Харьков : УкрНИИ почвоведения и агрохимии, 1990. – С. 129–131.

219. Накаряков, А. В. О молодых почвах, формирующихся на отвалах отработанных россыпей в подзоне южной тайги Среднего Урала /

А. В. Накаряков, С. С. Трофимов // Почвообразование в техногенных ландшафтах. – Новосибирск : Наука, 1979. – С. 58–106.

220. Нешатаев, В. Ю. Практическое пособие по восстановлению растительного покрова на землях, нарушенных открытыми горными разработками при освоении месторождений полезных ископаемых в условиях Камчатского края / В. Ю. Нешатаев, Н. С. Карапухин, Д. Ф. Ефремов, В. В. Кноль, М. В. Нешатаев, К. Д. Штак., 2012. СПб. : СПбГЭТУ «ЛЭТИ». – 160 с.

221. Никитин, П. Д. О конденсации водяных паров в почве лесных насаждений / П. Д. Никитин, Л. Н. Бредихин // Почвоведение. – 1949. – № 12. – С. 24–27.

222. Новицкий, М. Л. Водно-физические свойства эмбриоземов в понижениях и сульфидной горной породы на отвалах шахт Западного Донбасса / М. Л. Новицкий, Ю. В. Плугатарь // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2019. – Вып. 131. – С. 9–15.

223. Новицкий, М. Л. Гранулометрический, микроагрегатный и структурный состав молодых почв на сульфидных шахтных отвалах / М. Л. Новицкий // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2013. – Вып. 109. – С. 55–64.

224. Новицкий, М. Л. О сульфидных горных породах и молодых почвах шахтных отвалов / М. Л. Новицкий, Н. Е. Опанасенко // Агрохімія і ґрунтознавство. Спец. вып. до ІХ з'їзду УТГА. – Харків : [б.в.], 2014. – Кн. 3. – С. 55–56.

225. Новицкий, М. Л. О физических свойствах сульфидных горных пород и техногенных субстратов шахтных отвалов / М. Л. Новицкий // Відновлення порушених природних екосистем : матеріали ІV Міжнар. наук. конф. (м. Донецьк, 18–21 жовтня 2011 р.). – Донецьк : [б.в.], 2011. – С. 274–275.

226. Новицкий, М. Л. Почвообразование на сульфидсодержащих отвалах шахт Западного Донбасса и пригодность молодых почв для декоративных насаждений / М. Л. Новицкий // Современные энерго- и ресурсосберегающие,

экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства (Рязань, 9 декабря 2016). – Рязань : [б.и.], 2016. – С. 284–288.

227. Овчинников В.А. К вопросу о классификации нарушенных земель / В. А. Овчинников, Т. П. Федосеева // Современное землеустройство, изучение и организация рационального использования земельных ресурсов. М., 1972. – С. 296–304.

228. Опанасенко, М. Є. Альтернативні технології рекультивації сульфідних гірських порід / М.Є. Опанасенко, В. М. Єжов, І. В. Костенко // Вісник аграрної науки. – 2003. – № 3. – С. 8.

229. Опанасенко, Н. Е. Значение мезорельефа в интенсификации почвообразования отвалов сульфидных пород и для их рекультивации / Н. Е. Опанасенко, И. В. Костенко, В.В. Корженевский, А. Е. Оболонский, В. Н. Яворский // Рациональне використання рекультивованих та еродованих земель : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. 29–31 травня 2001 року, Дніпропетровськ – Орджонікідзе. – Дніпропетровськ : [б.в.], 2002. – С. 79–84.

230. Опанасенко, Н. Е. Итоги изучения и рекультивации сульфидных пород шахтных отвалов Западного Донбасса / Н. Е. Опанасенко, Ю. М. Халимендик, И. В. Костенко, О. А. Кайданович // Современные проблемы загрязнения почв : Международная научная конференция. – М. : Изд-во МГУ, 2004. – С. 329–331.

231. Опанасенко, Н. Е. Концепция рекультивации отвалов сульфидных горных пород / Н. Е. Опанасенко // Рациональне використання рекультивованих та еродованих земель : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. 29–31 травня 2001 року, Дніпропетровськ – Орджонікідзе. – Дніпропетровськ : [б.в.], 2002. – С. 74–76.

232. Опанасенко, Н. Е. Начальные этапы окисления и выщелачивания сульфидных пород шахтных отвалов и результаты их рекультивации / Н. Е. Опанасенко, И. В. Костенко, И. В. Бабич, О. А. Кайданович // Відновлення порушених природних екосистем : матеріали II Міжнар. наук. конф. (Донецьк, вересень 2005 р.). – Донецьк : ТОВ «Лебідь», 2005. – С. 176–178.

233. Опанасенко, Н. Е. О исходной пригодности техногенных почв на сульфидных шахтных отвалах под древесно-кустарниковые растения / Н. Е. Опанасенко, М. Л. Новицкий // Відновлення порушених природних екосистем : матеріали IV Міжнар. наук. конф. (м. Донецьк, 18–21 жовтня 2011 р.). – Донецьк : [б.в.], 2011. – С. 285–286.

234. Опанасенко, Н. Е. О сульфидных горных породах шахтных отвалов Западного Донбасса / Н. Е. Опанасенко, Ю. М. Халимендик, И. В. Костенко // Промислова ботаніка: стан та перспективи розвитку : матеріали IV Міжнар. наук. конф. Донецьк, вересень 2003 р. – Донецьк : ТОВ «Лебідь», 2003. – С. 47–49.

235. Опанасенко, Н. Е. Основные итоги почвенно–биологических исследований и рекультивации сульфидных отвалов Западного Донбасса / Н. Е. Опанасенко, И. В. Костенко, В. В. Корженевский, Ю. М. Халимендик, И. В. Бабич, О. А. Кайданович // Проблеми збереження, відновлення біорізноманітності в умовах антропогенно зміненого середовища : матеріали Міжнар. наук. конф. (Кривий Ріг, 16–19 травня 2005 р.). – Дніпропетровськ : [б.в.], 2005. – С. 49–51.

236. Опанасенко, Н. Е. Педогеохимические основы создания техногенных плодородных субстратов на сульфидных породах Западного Донбасса / Н. Е. Опанасенко, И. В. Бабич, О. А. Кайданович, И. А. Садовенко, А. Е. Оболонский // Раціональне використання рекультивованих та еродованих земель : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. 29–31 травня 2001 року, Дніпропетровськ – Орджонікідзе. – Дніпропетровськ : [б.в.], 2002. – С. 92–95.

237. Опанасенко, Н. Е. Проблемы, концепция, теоретические основы и пути рекультивации сульфидных шахтных пород Западного Донбасса / Н. Е. Опанасенко, И. В. Бабич // Відновлення порушених природних екосистем : матеріали Першої Міжнар. наук. конф. Донецький бот. сад НАН України. – Донецьк : ТОВ «Лебідь», 2002. – С. 293–296.

238. Опанасенко, Н. Е. Теоретические основы и технологические решения рекультивации сульфидных шахтных пород Западного Донбасса /

Н. Е. Опанасенко, И. В. Костенко, И. В. Бабич // *Агрохімія і ґрунтознавство. Спец. вип. до VI з'їзду УТГА.* – Харків : [б.в.], 2002. – Кн. 3. – С. 106–108.

239. Опанасенко, Н. Е. Химический состав рекультивированных шахтных пород и выращиваемых на них растений эспарцета и ячменя / Н. Е. Опанасенко, И. В. Костенко, И. В. Бабич // *Оптимізація агроландшафтів: раціональне використання, рекультивація, охорона : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф.* – Дніпропетровськ : [б.в.], 2003. – С. 217–218.

240. Опанасенко, Н.Е. Теория и практика рекультивации и озеленения породных отвалов в Западном Донбассе / Н. Е. Опанасенко, В. В. Корженевский, Ю. М. Халимендик, А. Е. Оболонский, Н. А. Кононенко // *Уголь Украины.* – 2000. – № 7. – С. 29–32.

241. Орлов, Д. С. Взаимодействие гумусовых веществ с минералами и природа их связи / Д. С. Орлов, И. А. Пивоварова, Н. И. Горбунов // *Агрохимия.* – 1973. – № 9. – С. 140–153.

242. Панас, Р. М. Рекультивація порушених земель у Західному регіоні України : стан, досвід і проблеми / Р. М. Панас // *Агрохімія і ґрунтознавство. Харків : [б.в.], 1998.* – Ч. 3. – С. 105–106.

243. Панов, Б. С. Неоминерализация горящих угольных отвалов Донбасса / Б. С. Панов, Ю. А. Проскурня, В. С. Мельников, Е. Е. Гречановская // *Минералогический журнал.* – 2000. – Т. 22, № 4. – С. 37–46.

244. Пачосский, И. К. Стадии развития флоры / И. К. Пачосский // *Вестник естествознания.* – 1891. – № 8. – С. 261–270.

245. Певзнер, М. Е. Экология горного производства / М. Е. Певзнер, В. П. Костовецкий. – М. : Недра, 1990. – 235 с.

246. Пикалова, Г. М. О способе «землевания» промышленных отвалов при их зарастании растительностью / Г. М. Пикалова // *Проблемы рекультивации земель в СССР.* – Новосибирск : Наука, 1974. – С. 97–102.

247. Пикалова, Г. М. Рекультивация земель, нарушенных промышленностью (проблемы изучения техногенных ландшафтов) / Г. М. Пикалова // *Экология.* – 1975. – № 2. – С. 108–110.

248. Плугатарь, Ю. В. Оптимизация ландшафтов и ресурсы лесных экосистем Крыма / Ю. В. Плугатарь, В. В. Корженевский // Национальная Ассоциация Ученых. – 2015. – № 4–6 (9). – С. 119–121.

249. Плугатарь, Ю. В. Создание и оптимизация защитных насаждений в Крыму / Ю. В. Плугатарь, В. В. Корженевский // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2014. – Вып. 113. – С. 7–17.

250. Попа, Ю. М. Екологічна ефективність захисно–декоративних лісових насаджень на відвалах вугільних шахт / Ю. М. Попа // Агроєкологічний журнал. – 2006. – № 1. – С. 84–88.

251. Почвенно-экологический мониторинг и охрана почв : Учебное пособие / Под ред. Д. С. Орла, В. Д. Васильевской. – М. : Изд-во МГУ, 1994. – 275 с.

252. Преображенская, В. Н. Юра и низы нижнего мела территории ЦЧО / В. Н. Преображенская. – Воронеж : Изд-во ВГУ, 1966. – 282 с.

253. Проблеми лісової рекультивації порушених земель України : тези доповідей Міжнар. конф. Дніпропетровськ, 19–22 вересня 2006 р. – Дніпропетровськ : ДНУ, 2006. – 192 с.

254. Прянишников, Д. Н. К вопросу об известковании / Д. Н. Прянишников // Известкование почвы в связи с внесением удобрений. – М., 1919. – С. 95–109.

255. Рагим-заде, Ф. К. Пригодность вскрышных пород Черемховского угольного бассейна для биологической рекультивации / Ф. К. Рагим-заде // Проблемы рекультивации земель в СССР. – Новосибирск : Наука, Сибирское отд., 1974. – С. 130–141.

256. Рагим-заде, Ф. К. Техногенные элювии вскрышных пород угольных месторождений Сибири, оценка их потенциального плодородия и пригодности для восстановления почвенного покрова : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Ф. К. Рагим-заде. – Новосибирск, 1977. – 22 с.

257. Раменский, Л. Г. Введение в комплексное почвенно–геоботаническое исследование земель / Л. Г. Раменский. – М. : Сельхозгиз, 1938. – 620 с.

258. Раменский, Л. Г. О некоторых принципиальных положениях современно геоботаники / Л. Г. Раменский // Ботанический журнал. – 1952. – Т. 37, № 2. – С. 181–201.

259. Раменский, Л. Г. Основные закономерности растительного покрова и их изучение (на основании их изучения в Воронежской губернии) / Л. Г. Раменский // Вестник опытного дела. Январь – декабрь 1924 г. – Воронеж, 1924. – С. 37–73.

260. Растения и промышленная среда : материалы III научной конференции / АН Укр. ССР, Донецкий бот. сад ; отв. ред. Е. Н. Кондратюк. – Киев : Наукова думка, 1976. – 208 с.

261. Раськова, Н. В. Сравнительная оценка биологической активности рекультивируемых земель Западного Донбасса / Н. В. Раськова, Ю. Г. Гельцер, Л. А. Цветкова, С. Я. Трофимов // Влияние промышленных предприятий на окружающую среду. Всесоюзная школа : Тезисы докладов. (4–8 декабря 1984 г., Звенигород) / АН СССР, Научный совет по проблемам биогеоценологии и охраны природы, Институт эволюционной морфологии и экологии животных им. А. Н. Северцова ; ред. Д. А. Криволуцкий. – Пущино : Научный центр биологических исследований АН СССР, 1984. – С. 157–158.

262. Ревут, И. Б. Структура и плотность почвы – основные параметры, кондиционирующие почвенные условия жизни растений / И. Б. Ревут, Н. А. Соколовская, А. М. Васильев // Пути регулирования почвенных условий жизни растений. – Л. : Гидрометеиздат, 1971. – С. 51–125.

263. Решетов, Н. Г. Физико–механические свойства почвогрунтов КМА при их биологической рекультивации / Н. Г. Решетов, В. Б. Джегерис, Б. В. Усков // Экологические проблемы аграрного производства : Материалы межрегион. научно–практич. конф. – Днепропетровск : [б.и.], 1992. – Симпозиум 1. – С. 96.

264. Ролдан, Хосе. Екологічні проблеми спричинені винесенням на земну поверхню сульфідвміщуючих гірських порід / Хосе Ролдан, Антоніо Мартінес Камеро, Йессіка дель Піно Грасіа, М. М. Харитонов, М. І. Жиленко. //

Рекультивация складных техноэкосистем у новому тисячолітті : ноосферний аспект: матеріали Міжнар. наук.–практ. конф. – Дніпропетровськ : ДДАУ, 2012. – С. 65–67.

265. Рубенчик, Л. И. Сульфатредуцирующие бактерии / Л. И. Рубенчик. – М.–Л. : Изд-во Академии наук СССР, 1947. – 99 с.

266. Рыжов, С. Н. Физические условия почв сероземной зоны и развития растений в орошаемых условиях / С. Н. Рыжов // Проблемы почвоведения: советские почвоведы к XII Международному конгрессу в Индии 1982 г. – М. : Наука, 1982. – С. 29–32.

267. Савич, А. И. Агрохимические свойства вскрышных пород в отвалах Подмосковского угольного бассейна / А. И. Савич // Агрохимия. – 1969. – № 6. – С. 83–87.

268. Савич, А. И. К вопросу о классификации вскрышных пород для биологической рекультивации / А. И. Савич // Проблемы рекультивации земель в СССР. – Новосибирск : Наука, Сибирское отд., 1974. – С. 124–130.

269. Свидетельство на стандартный образец СП-1 (Курский чернозем). – Иркутск : Изд-во стандартов, 1975. – 12 с.

270. Семиколенных, А. А. Промышленный опыт рекультивации карьеров в Германии / А. А. Семиколенных // Горный журнал. – 2010. – № 25. – С. 82–84.

271. Семина, И. С. Природно-техногенные комплексы Кузбасса : свойства и режимы функционирования / И. С. Семина, И. П. Беланов, А. М. Шипилова, В. А. Андроханов. – Новосибирск : Изд-во Сибирского отделения РАН, 2013. – 396 с.

272. Сергеев, М. В. Некоторые приемы рекультивации мело–мергельных отложений / М. В. Сергеев // Теоретические и практические проблемы рекультивации нарушенных земель : тезисы докладов II Всесоюзного совещания по рекультивации (Донецк, 1975 г.). – М. : [б.и.], 1975. – С. 241–242.

273. Сметана, О. М. Біогеоценотичний покрив ландшафтно–техногенних систем Кривбасу / О. М. Сметана, В. В. Перерва. – Кривий Ріг : Видавничий дім, 2007. – 247 с.

274. Сметана, О. М. До питання про фіторекультивуацію та антропогенну еволюцію рослинного покриву / О. М. Сметана, О. О. Красова // Рекультивація складних техноекосистем у новому тисячолітті : ноосферний аспект : матеріали Міжнар. наук.–практ. конф. (Дніпропетровськ, 29–30 травня 2012 р.) / М-во аграр. політики та продовольства України, Дніпропетр. держ. аграр. ун-т, ПОО «Орджоникидзевский ГОК», Всеукр. екол. ліга. – Дніпропетровськ : Свідлер А. Л., 2012. – С. 54–56. – (Присвячується 50-річчю школи рекультивації порушених земель та 90-річчю Дніпропетр. держ. аграр. ун-ту).

275. Смирнов, С. С. Зона окисления сульфидных месторождений / С. С. Смирнов. – М.–Л. : Изд-во АН СССР, 1955. – 331 с.

276. Смирный, М. Ф. Формирование техногенных ландшафтов Донбасса / М. Ф. Смирный, Б. Т. Харьковский, Л. Г. Зубова // Рациональне використання рекультивованих та еродованих земель : матеріали Міжнар. науч.-практ. конф. 29–31 травня 2001 р., Дніпропетровськ – Орджонікідзе. – Дніпропетровськ : [б.в.], 2002. – С. 89–92.

277. Смит, Р. М. Свойства, процессы и энергетика почв в районе шахтных выработок / Р. М. Смит // Труды X Международного конгресса почвоведов. – М.: Наука, 1974. – Т. 4. – С. 406–413.

278. Сойер, Л. Э. рекультивация участков горных работ (США) / Л. Э. Сойер, Джон М. Краул // Открытые горные работы. – М. : Недра, 1971. – С. 67–69.

279. Соколов, А. В. О наличии в почвах обменного алюминия / А. В. Соколов // Почвоведение. – 1960. – № 1. – С. 72–74.

280. Соколов, Э. М. Рекультивация отвалов отработанных шахт Подмосковского бассейна / Э. М. Соколов, Н. М. Качурин, Н. И. Мелихова // Известия ТулГУ. Науки о Земле. – 2010. – Вып. 1. – С. 102–105.

281. Соколова, Г. А. Физиология и геохимическая деятельность тионовых бактерий / Г. А. Соколова, Г. И. Каравайко. – М., 1964. – 332 с.

282. Соколова, Т. А. Почвенная кислотность. Кислотно-основная буферность почв. Соединения алюминия в твердой фазе почвы и в почвенном

растворе : учебное пособие по некоторым главам курса химии почв / Т. А. Соколова, И. И. Толпешта, С. Я. Трофимов. – Тула : Гриф и К, 2007. – 96 с.

283. Соколовский, А. Н. Значение извести для почвы / А. Н. Соколовский // Известкование почвы в связи с внесением удобрений. – М. : [б.и.], 1919. – С. 57–71.

284. Соколовский, А. Н. Сельскохозяйственное почвоведение / А. Н. Соколовский. – М. : Гос. изд-во с.-х. лит-ры, 1956. – 335 с.

285. Соколовский, А. Н. Структура почв и ее сельскохозяйственная ценность. Избранные труды / А. Н. Соколовский. – К.: Урожай, 1971. – С. 166–178.

286. Солнцева, Н. П. Морфологический анализ техногенно-преобразованных почв / Н. П. Солнцева, М. И. Герасимова, Н. Е. Рубилина // Почвоведение. – 1990. – № 8. – С. 124–129.

287. Солнцева, Н. П. Морфология почв, трансформированных при угледобыче / Н. П. Солнцева, Н. Е. Рубилина // Почвоведение. – 1987. – № 2. – С. 105–118.

288. Степченко, Л. М. Перспективы применения гуминовых веществ при рекультивации земель / Л. М. Степченко, Л. Р. Пивоваров, Н. И. Седых // Рекультивация складних техноекосистем у новому тисячолітті : ноосферний аспект : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. – Дніпропетровськ : ДДАУ, 2012. – С. 228–230.

289. Стифеев, А. И. Опыт биологической рекультивации земель в Курской области / А. И. Стифеев // Теоретические и практические проблемы рекультивации нарушенных земель : тезисы докладов II Всесоюзного совещания по рекультивации (Донецк, 1975 г.). – М. : [б.и.], 1975. – С. 236–240.

290. Стрижак, О. В. Еколого-мікроморфологічні особливості штучних ґрунтів на малопотужних варіантах едафотопів рекультивованих шахтних відвалів Західного Донбасу / О. В. Стрижак, Н. В. Романова // Рекультивация складних техноекосистем у новому тисячолітті : ноосферний аспект: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. – Дніпропетровськ : ДДАУ, 2012. – С. 353–356.

291. Сукачев, В. Н. Динамика лесных биогеоценозов // Основы лесной биогеоценологии. – М. : Наука, 1964. – С. 458–486.

292. Сукачев, В. Н. Идея развития в фитоценологии / В. Н. Сукачев // Советская ботаника. – 1942. – № 1–2. – С. 5–17.
293. Сукачев, В. Н. Некоторые общие теоретические вопросы фитоценологии / В. Н. Сукачев // Вопросы ботаники. – М.–Л. : Изд-во АН СССР, 1954. – Т 1. – С. 291–330.
294. Сукачев, В. Н. О некоторых основных вопросах фитоценологии / В. Н. Сукачев // Проблемы ботаники. – М.–Л. : Изд-во АН СССР, 1950. – Т. 1. – С. 449–464.
295. Сумина, О. И. Изменение минералогического состава пород под действием пионерной растительности при зарастании карьеров / О. И. Сумина, С. Н. Лесовая, Л. Л. Долгова // Вестник Санкт–Петербургского университета. – 2008. – Сер. 3, вып. 1. – С. 32–37.
296. Сумина, О. И. Формирование растительности на техногенных местообитаниях Крайнего Севера России / О. И. Сумина. – СПб. : Информ-Навигатор, 2013. – 340 с.
297. Таймуразова, Л. Г. К вопросу о почвообразовании на промышленных отвалах Подмосковского бассейна / Л. Г. Таймуразова // Рекультивация земель в СССР. – М. : [б.и.], 1982. – С. 72–73.
298. Таранов С.А. Классификационная схема основных возрастных групп молодых почв техногенных экосистем (МПТЭ) // Тезисы докладов VIII Всесоюзного съезда почвоведов (14–18 августа 1989 г., Новосибирск). – Новосибирск : [б.и.], 1989. – Кн. первая. – С. 194.
299. Таранов, С. А. О первичном почвообразовании на естественно зарастающих отвалах Байдаевского угольного разреза / С. А. Таранов, И. Л. Клевенская, В. И. Щербатенко, Л. П. Баранник, К. В. Юдина // Проблемы рекультивации земель в СССР. – Новосибирск : Наука, Сибирское отд., 1974. – С. 195–204.
300. Таранов, С. А. Особенности почвообразования в техногенных ландшафтах Кузбасса / С. А. Таранов // Восстановление техногенных ландшафтов

Сибири (теория и технология). – Новосибирск : Наука, Сибирское отд., 1977. – С. 81–105.

301. Таранов, С. А. Парцеллярная структура фитоценоза и неоднородность молодых почв техногенных ландшафтов / С. А. Таранов, Е. Р. Кондрашин, Ф. А. Фаткулин, М. Г. Шушуева, И. С. Родынюк // Почвообразование в техногенных ландшафтах. – Новосибирск : Наука, 1979. – С. 19–57.

302. Таранов, С. А. Состав гумуса первичных почв, формирующихся на ранних стадиях онтогенеза биогеоценозов отвалов угольных разрезов Южного Кузбасса / С. А. Таранов, И. Д. Комиссаров // Проблемы рекультивации земель в СССР. – Новосибирск : Наука, Сибирское отд., 1974. – С. 209–215.

303. Тарасов, П. А. Некоторые агрофизические характеристики рекультивированных земель КАТЭКа / П. А. Тарасов // Тезисы докладов VIII Всесоюзного съезда почвоведов (14–18 августа 1989 г., Новосибирск). – Новосибирск : [б.и.], 1989. – Кн. первая. – С. 212.

304. Теории и методы физики почв : коллективная монография / Под ред. Е. В. Шеина и Л. О. Карпачевского. – М. : Гриф и К, 2007. – 616 с.

305. Травлеев, А. П. Днепропетровский национальный университет – научный центр лесной рекультивации шахтных отвалов на Украине (итоги и перспективы) / А. П. Травлеев, Н. М. Дронь, Н. А. Белова // Проблеми лісової рекультивації порушених земель України : тези доповідей Міжнародної конф., 19–22 вересня 2006 р. – Дніпропетровськ : ДНУ, 2006. – С. 3–7.

306. Травлеев, А. П. Некоторые итоги создания искусственных почв при лесной рекультивации шахтных отвалов Западного Донбасса / А. П. Травлеев, В. Н. Зверковский, Н. А. Белова, Н. П. Тупика // Тезисы докладов I делегатского съезда почвоведов и агрохимиков Украинской ССР 8–11 июня 1982 года. – Харьков : [б.и.], 1982. – Мелиорация, борьба с эрозией, рекультивация почв. – С. 91.

307. Травлеев, А. П. Пути преодоления кризисных явлений в биогеоценологическом покрове Западного Донбасса / А. П. Травлеев, Н. А. Белова, С. Н. Рубан, А. Ф. Кулик, А. В. Котович // Екологія кризових регіонів України :

тези доповідей Міжнар. конф., Дніпропетровськ, 17–20 вересня 2001 р. : наукове видання. – Дніпропетровськ : РВВ ДНУ, 2001. – С. 3–4.

308. Травлеев, А. П. Рекультивация нарушенных земель и полицикличность процессов почвообразования / А. П. Травлеев, Н. А. Белова // Экологія кризових регіонів України : тези доповідей міжнар. конф., 17–20 вересня 2001 р. : наукове видання. – Дніпропетровськ : РВВ ДНУ, 2001. – С. 7–8.

309. Травлеев, А. П. Состояние и перспективы рекультивации земель в СССР / А. П. Травлеев, В. Н. Зверковский, В. А. Овчинников // Тезисы докладов VIII Всесоюзного съезда почвоведов (14–18 августа 1989 г., Новосибирск). – Новосибирск : [б.и.], 1989. – Кн. шестая. – С. 177–182.

310. Трофимов, Б. А. Жизнь в геологических эпохах / Б. А. Трофимов // Природа. – 1954. – № 6. – С. 31–46.

311. Трофимов, С. С. Гумусообразование в техногенных экосистемах / С. С. Трофимов, Н. Н. Наплекова, Е. Р. Кондрашин, Ф. А. Фаткулин, С. К. Стебаева. – Новосибирск : Наука, Сибирское отд., 1986. – 164 с.

312. Трофимов, С. С. Особенности почвообразования в техногенных экосистемах / С. С. Трофимов, С. А. Таранов // Почвоведение. – 1987. – № 11. – С. 95–99.

313. Трофимов, С. С. Перспективы рекультивации земель нарушенных промышленностью в Западной Сибири / С. С. Трофимов // Проблемы рекультивации земель в СССР. – Новосибирск : Наука, Сибирское отд., 1974. – С. 3–11.

314. Трофимов, С. С. Рекультивация – конструктивная отрасль экологии / С. С. Трофимов, С. А. Таранов, Ф. А. Фаткулин, Е. Р. Кондрашин // Тезисы докладов VIII Всесоюзного съезда почвоведов (14–18 августа 1989 г., Новосибирск). – Новосибирск : [б.и.], 1989. – Кн. шестая. – С. 183–189.

315. Трофимов, С. С. Системный подход к изучению процессов почвообразования в техногенных ландшафтах / С. С. Трофимов, А. А. Титлянова, И. Л. Клевенская // Почвообразование в техногенных ландшафтах. – Новосибирск : Наука, Сибирское отд., 1979. – С. 3–19.

316. Трофимов, С. С. Состав гумуса молодых почв техногенных отвально–карьерных ландшафтов Центрального и Южного Кузбасса / С. С. Трофимов, Ф. А. Фаткулин // Восстановление техногенных ландшафтов Сибири (теория и технология). – Новосибирск : Наука, Сибирское отд., 1977. – С. 113–119.

317. Тюлин, А. Ф. Вопросы почвенной структуры в лесу / А. Ф. Тюлин // Почвоведение. – 1954. – № 1. – С. 30–44.

318. Тюлин, А. Ф. Органо–минеральные коллоиды в почве, их генезис и значение для корневого питания высших растений / А. Ф. Тюлин. – М. : Изд-во АН СССР, 1958. – 50 с.

319. Угли бурые, каменные, антрациты, кокс, горючие сланцы, торф : методы определения серы / ГОСТ 8606-72 (издание официальное). – М. : Гос. Комитет стандартов Совета министров СССР, 1972. – 8 с.

320. Узбек, И. Х. Биогенотические процессы в толще эдафотопов техногенных ландшафтов / И. Х. Узбек // Проблеми лісової рекультивації порушених земель України : тези доповідей Міжнародної конф., Дніпропетровськ, 19–22 вересня 2006 р. – Дніпропетровськ : ДНУ, 2006. – С. 12–15.

321. Усков, Б. В. Почвенно-грунтовая характеристика поверхности гидроотвала № 1 Лебединского карьера КМА / Б. В. Усков, Ю. И. Дудкин, Т. Н. Михайлова // Мелиорация и рекультивация почв центрального Черноземья. – Воронеж : Изд-во ВГУ, 1984. – С. 42–51.

322. Уфимцев, В. И. Дифференциация напочвенного покрова как фактор почвообразования в лесных фитоценозах на отвалах вскрышных пород Кузбасса / В. И. Уфимцев, И. П. Беланов, В. А. Андроханов // Ковалевские молодежные чтения «Почва – ресурс экологической и продовольственной безопасности» : Всероссийская научная конференция. Новосибирск, 22–30 сентября 2016 г. – Новосибирск : [б.и.], 2016. – С. 201–205.

323. Фан Лиеу. Кислые сульфатные почвы долины Меконга / Фан Лиеу // Почвоведение. – 1993. – № 12. – С. 34–38.

324. Фаткулин Ф.А. Энергетика гумусонакопления и качественный состав гумуса молодых почв, формирующихся на отвалах углеразрезов Кузбасса /

Ф. А. Фаткулин // Рекультивация ландшафтов, нарушенных промышленной деятельностью: материалы VII Международного симпозиума. – Катовице, Забже, Конин : [б.и.], 1980. – Т. 1. – С. 306–323.

325. Фаткулин, Ф. А. Гумусообразование и качественный состав гумуса молодых почв, формирующихся на на последрениажных формах рельефа в речных долинах Кузнецкого Алатау / Ф. А. Фаткулин // Восстановление техногенных ландшафтов Сибири (теория и технология). – Новосибирск : Наука, Сибирское отд., 1977. – С. 106–112.

326. Фаткулин, Ф. А. Физические и физико–химические свойства молодых почв / Ф. А. Фаткулин // Экология и рекультивация техногенных ландшафтов. – Новосибирск : Наука, 1992. – С. 61–84.

327. Хан, Д. В. Влияние перегнойных веществ, состава минералов и обменных катионов на образование водопрочных агрегатов в черноземных почвах / Д. В. Хан // Почвоведение. – 1957. – № 4. – С. 63–70.

328. Хан, Д. В. Поглощение органического вещества минералами почв / Д. В. Хан // Почвоведение. – 1950. – № 11. – С. 673–680.

329. Хан, Д. В. Состав перегнойных веществ и их связь с минеральной частью почв / Д. В. Хан // Почвоведение. – 1959. – № 1. – С. 10–18.

330. Царабаев, Б. Б. Рекультивация земель в угольной промышленности Украины / Б. Б. Царабаев // Теоретические и практические проблемы рекультивации нарушенных земель : тезисы докладов II Всесоюзного совещания по рекультивации (Донецк, 1975 г.). – М. : [б.и.], 1975. – С. 22–27.

331. Цветкова, Н. Н. Использование показателей биокруговорота веществ и микроэлементов в лесной рекультивации / Н. Н. Цветкова, А. А. Дубинина // Відновлення порушених природних екосистем : матеріали IV Міжнар. наук. конф. м. Донецьк, 18–21 жовтня 2011 р. – Донецьк : [б.в.], 2011. – С. 385–387.

332. Цветкова, Н. Н. Микроэлементный режим чернозема обыкновенного Присамарского мониторинга / Н. Н. Цветкова // Кадастровые исследования степных биогеоценозов Присамарья Днепроовского, их антропогенная динамика и

охрана : межвузовский сборник научных трудов. – Днепропетровск : Изд-во Днепропетровского гос. ун-та, 1991. – С. 20–28.

333. Чевычелов, А. П. Цеолиты и вермикулиты как компоненты насыпных грунтов на основе угольных шлаков / А. П. Чевычелов // Экологические проблемы аграрного производства : Материалы межрегиональной научно–практической конференции. – Днепропетровск : [б.и.], 1992. – Симпозиум 1. – С. 102.

334. Чеклина, В. Н. О некоторых особенностях взаимодействия черноземной почвы с сульфидсодержащими породами в связи с проблемой рекультивации / В. Н. Чеклина // Научные основы охраны природы. – М. : [б.и.], 1976. – Вып. 4. – С. 146–155.

335. Чеклина, В. Н. Режим влажности на отвалах рыхлых пород в Подмосковном угольном бассейне / В. Н. Чеклина // Проблемы рекультивации земель в СССР. – Новосибирск : Наука, Сибирское отд., 1974. – С. 149–157.

336. Чернова, Н. М. Экологические сукцессии при разложении растительных остатков / Н. М. Чернова. – М. : Наука, 1977. – 200 с.

337. Шаталов, В. Г. Принципы рекультивации нарушенных земель в Китае / В. Г. Шаталов, Цзуньюй Ли // Экологические проблемы аграрного производства : Материалы межрегиональной научно–практической конференции. – Днепропетровск : [б.и.], 1992. – Симпозиум 1. – С. 22.

338. Шеин, Е. В. Агрофизическая оценка почв на основе анализа прогнозного водно–воздушного режима / Е. В. Шеин, С. В. Махновецкая // Почвоведение. – 1995. – № 2. – С. 187–191.

339. Шикула, Н. И. К разработке технологических условий проведения горно–технической рекультивации на отвалах при открытой добыче полезных ископаемых в Украинской ССР / Н. И. Шикула, Л. В. Етеревская, А. Н. Другов // Международный симпозиум по вопросам рекультивации нарушенных промышленностью территорий, (Лейпциг, 1970) / Ин-т ландшафтоведения и охраны природы ГАЛЛЕ, ЗААЛЕ Нем. акад. с.-х. наук в Берлине. – Лейпциг, 1970. – Ч. 2. – С. 125–127.

340. Шлегель, Г. Общая микробиология / Г. Шлегель / Пер. с немецкого Л. В. Алексеевой, канд. биол. наук Г. А. Куреллы и канд. мед. наук Н. Ю. Несытовой ; под ред. чл.-корр. АН СССР Е. Н. Кондратьевой. – М. : Мир, 1987. – 567 с.
341. Щербатенко, В. И. Естественная растительность отвально-карьерных ландшафтов Сибири / В. И. Щербатенко, Е. Р. Кондрашин // Восстановление техногенных ландшафтов Сибири (теория и технология). – Новосибирск : Наука, Сибирское отд-ние, 1977. – С. 65–80.
342. Экология и рекультивация техногенных ландшафтов / И. М. Гаджиев, В. М. Курачев, Ф. К. Рагим-заде, В. А. Андроханов ; Отв. ред. В. М. Курачев ; Рос. АН. Сиб. отд-ние. Ин-т почвоведения и агрохимии. – Новосибирск : Наука, Сибирское отд., 1992. – 305 с.
343. Ярошенко, П. Д. Геоботаника. Основные понятия, направления и методы / П. Д. Ярошенко. – М. -Л. : Изд-во АН СССР, 1961. – 474 с.
344. Adams, F. Aluminium toxicity and calcium deficiency in acid subsoil horizons of two coastal plain soil series / F. Adams, P. J. Hathcock // Soil Sci. Soc. Am. J. – 1984. – V. 48. – P. 1305–1309.
345. Aguilera, N. H. Iron oxide removal from soils and clays / N. H. Aguilera and M. L. Jackson // Soil Sci. Soc. Amer. Proc. – 1953. – V. 17, № 4. – P. 359–364.
346. Ahlrichs, J. C. Rapid bioassay of aluminium toxicity in soil / J. C. Ahlrichs, M. C. Karr, V. C. Baligar and R. J. Wright // Plant and soil. – 1990. – V. 122. – P. 279–285.
347. Alexander, M. Effects of acidity on microorganisms and microbial processes in soil / M. Alexander / Eds T. C. Hutchinson & M. Havas // Proc. NATO Adv. Res. Inst. Conf. on Effects of Acid Precipitation on Terrestrial Ecosystems, 1980. – New York : Plenum Press, 1980. – P. 363–374.
348. Ambroz Z. Sledování biologické aktivity strukturních elementů v půdě // Sborník vysoké školy zemědělské v Brně. – 1960. – № 1. – S. 32–38.
349. Arguile, R. T. Reclamation five industrial sites in the east midlands / R. T. Arguile // J. Inst. Munic. Erg. – 1971. – V. 98, № 6. – P. 110–118.

350. Ashmeed D. The influence of bacteria on the formation of acid mine waters / D. Ashmeed // *Colliery Guard*. – 1955. – V. 190. – P. 694.
351. Barnisel R.I., Rotromel A.L. Weathering of clay minerals by simulated acid coal spoil–bank solutions // *Soil Sci*. – 1974. – V. 118, № 1. – P. 22–27.
352. Bauer H.J. Untersuchungen zur biozöologischen Sukzession im ausgekoheten Kölner Braun Köhlenrevier / H. J. Bauer // *Natur und Landsch*. – 1970. – Bd. 45, № 8. – S. 210–215.
353. Baver, L. D. *Soil physics* / L. D. Baver / 3rd ed. – New–York, London : Chapman a. Hall, 1956. – 489 p.
354. Beaver, S. H. *Land reclamation* / S. H. Beaver // *The chartered Surveyor*. – 1960. – V. 92, №12. – P. 25–40.
355. Bhatti, T. M. Weathering of micaminerals in bioleaching processes / T. M. Bhatti, J. M. Bigham, A. Vuorinen, O. H. Tuovinen // *Biohydrometallurgical technologies* / Eds. A. E. Torma, J. F. Wey, V. I. Lakshmanan. – Helsinki : TMS, 1993. – V. 1. Bioleaching processes. – P. 303–314.
356. Bigham, J. M. Schwertmannite and the chemical modeling of iron in acid sulfate waters / J. M. Bigham, U. Schwertmann, S. J. Traina, R. L. Winland, M. Wolf // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. – 1996. – V. 60, Issue 12. – P. 2111–2121.
357. Bremner, J. M. Metallo–organic complexes in soil / J. M. Bremner, S. G. Heintze., P. J. G. Mann, H. Lees // *Nature*. – 1946. – V. 158, № 4022. – P. 790–791.
358. Bremner, J. M. Studies on soil organic matter. II. The extraction of organic matter from soil by neutral reagents / J. M. Bremner and H. Lees // *J. Agric. Sci*. – 1949. – V. 39. – P. 274–279.
359. Brent–Jones, E. Land reclamation in the 80's–the national coal board's techniques / E. Brent–Jones // *Proc. Symp. Reclam.: Treat and Util. Coal mining wastes*. Durham. 10–14 sept. 1984. – L., 1984. – P. 1–21.
360. Brewer, Roy. *Fabric and mineral analysis of soil* / Roy Brewer. – N.Y. – London – Sydney & Jones, 1964. – 482 p.

361. Brinkman, R. Direction of further research on acid sulfate soils / R. Brikman // Proceedings of the Bangkok symposium on acid sulphate soils. – ILRI, The Netherlands, 1982. – P. 12–20.
362. Brown, L. F. Reclamation of the Urad Nolvbdenum mine, Empire, Colorado / L. F. Brown, C. L. Jackson // Miner and Environ. – 1984. – V. 6, № 2. – P.77–82.
363. Bruning, E. Zur Frage der Rekultivierbarkeit tertiären Robboden open des Braun kohlentagebans / E. Bruning // Sb. 1. Internationales symposium. – Leipzig, 1962. – S. 325–359.
364. Carson, C. D. Mineralogy and acidity of an inland acid sulfate soil of Texas / C. D. Carson , J. B. Dixon // Soil Sci. Soc. Am. J. – 1983. – V. 47, Issue 4. – P. 828–833. DOI: [10.2136/sssaj1983.03615995004700040041x](https://doi.org/10.2136/sssaj1983.03615995004700040041x)
365. Chambers, J. C. Alpine Seedling Establishment: The Influence of Disturbance Type / J. C. Chambers, James A. MacMahon, R. W. Brown // Ecology. – 1990. – V. 71. – № 4. – P. 1323–1341.
366. Clements, F. E. Nature and structure of the climax / Frederic E. Clements // J. Ekol. – 1936. – V. 24, № 1. – P. 252–284.
367. Clements, F. E. Plant succession ; an analysis of the development of vegetation / Frederic E. Clements. – Washington : Carnegie Institution of Washington, 1916. – 658 p.
368. Clements, F. E. Plant Succession and Indicators: A Definitive Version of Plant Succession and Plant Indicators / Frederic E. Clements. – New York city : The H. W. Wilson company, 1928. – 453 p.
369. Clements, F. E. The development and structure of vegetation/ Frederic E. Clements // Botanical Survey of Nebraska. – 1904. – V. 7. The Botanical Seminar, Lincoln, Nebraska.
370. Cowles, H. C. The physiographic ecology of Chicago and vicinity ; a study of the origin, development and classification of plant societies / H. C. Cowles // Botanical Gazette. – 1901. – V. 31, №3. – P. 73–108. DOI: 10.1086/328080

371. Daikuhara, J. Über die sauren Mineralboden / J. Daikuhara // *Bul. of the imp. Cut. Agr. Exp. St. – Japan, 1914. – Bd. 2, № 1. – P. 18.*

372. Day, A. D. Response of Plant Species to Coal Mine Soil Materials and Fertilizer in a Semiarid Environment / A. D. Day, T. C. Tucker, J. L. Thames // *Indian Mining and Eng. J. – 1982. – V. 21, № 4. – P. 21–26.*

373. Delhaize, E. Aluminum toxicity and tolerance in plants / E. Delhaize, P. R. Ryan // *Plant physiol. – 1995. – V. 107, № 2. – P. 315–321.*

374. Diaz–Zorita, M. Disruptive methods for assessing soil structure / M. Diaz–Zorita, E. Perfect, J. H. Grove // *Soil & Tillage Research 64 (2002). – P. 3–22. DOI: 10.1016/S0167–1987(01)00254–9*

375. Diekjobst, H. Der Vegetationskomplex des Neuengesecker Steinbruchs im Lohnerklei bei Soest (Westf.) / H. Diekjobst, H. Ant // *Natur und Heimat (Brd). – 1972. – B. 32, № 3. – S. 65–74.*

376. Dold, B. A mineralogical and geochemical study of element mobility in sulfide mine tailing 3 of Fe oxide Cu – Al deposits from the Punta del cobre belt, northern Chile / B. Dold, L. Fontboté // *Chemical Geology. – 2002. – V. 189, Issue 3. – P. 135–163. DOI: [10.1016/S0009-2541\(02\)00044-X](https://doi.org/10.1016/S0009-2541(02)00044-X)*

377. Dold, B. Detection and distribution of ferric oxyhydroxides and oxyhydroxide sulfates in sulfide mine tailings; their importance to selective metal retention acide production / B. Dold, L. Fontboté & W. Wildi // *Mine water and environment, IMWA Congress, Sevilla, (Spain, 1999). – Spain, 1999. – Vol. 2. – P. 525–526.*

378. Emerson, W. W. The structure of soil crumbs / W. W. Emerson // *J. of Soil Science. – 1959. – V. 10, Issue 2. – P. 235–244. DOI: 10.1111/j.1365–2389.1959.tb02346.x*

379. Emmerling, C. Application of organic waste materials for agricultural recultivation of mine soils in Eastern Germany / C. Emmerling, C. Liebner, M. Haubold-Rosar, J. Katzur, D. Schröder // *Responses of net-N-mineralization and net-nitrification rates // Proceedings 1st Intern. Conf. Soil of Urban, Industrial, Traffic*

and Mining Areas-Symposium, July 12–18, Essen, Germany. – University of Essen, 2000. – V. 2. – P. 1009–1014.

380. Evans, L. The adsorption of humic acids and fulvic acids by clays / L. Evans, E. Russell // *J. Soil Sci.* – 1959. – V. 10, Issue 1. – P. 119–132. DOI: [10.1111/j.1365-2389.1959.tb00672.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1959.tb00672.x)

381. Fjerdingstad E. Bacteriological investigations of mine water from lignite pits Denmark // *Schweiz. Z. Hydrol.* – 1956. – V. 18, №2. – P. 215.

382. Gast, M. Element budgets of pine stands on lignite and pyrite containing mine soils / M. Gast, W. Schaaf, [J. Scherzer](#), B. U. Schneider, R. Wilden, R. Hüttl // *J. of Geochemical Exploration.* – 2001. – Vol. 73, Issue 2. – P. 63–74. DOI: [10.1016/S0375-6742\(01\)00188-1](https://doi.org/10.1016/S0375-6742(01)00188-1)

383. Glossary of Soil Science Terms // Soil Science Society of America. – Madison, 1997. – W. 1. – 138 p.

384. Goldschmidt, V. M. The principles of distribution of chemical elements in minerals and rocks / V. M. Goldschmidt // *J. Chem. Soc.* – 1937. – P. 655–673. DOI: [10.1039/jr9370000655](https://doi.org/10.1039/jr9370000655)

385. Göransson, A. 1991 Effects of aluminum on growth and nutrient uptake of small *Picea abies* and *Pinus silvestris* plots / A. Göransson, T. D. Eldhuset // *Trees.* – V. 5, Issue 3. – P. 136–142.

386. Gotoh, S. Transformation of iron in waterlogged soil as influenced by redox potential and pH / S. Gotoh, W.H. Patrick // *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* – 1974. – V. 38, №1. – P. 66–71.

387. Greenland, D. J. Interaction between humic and fulvic acids and clays / D. J. Greenland // *Soil Sci.* – 1971. – V. 111, № 1. – P. 34–41.

388. Greenland, D. J. The adsorption of sugars by montmorillonite. II. Chemical studies / D. J. Greenland // *J. Soil Sci.* – 1956. – V. 7, Issue 2. – P. 329–334. DOI: [10.1111/j.1365-2389.1956.tb00890.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1956.tb00890.x)

389. Haubold, Michael. Application of organic waste materials for agricultural recultivation of mine soils in Eastern Germany. Effects on soil chemical properties / Michael Haubold, Rosar and Joachim Katzur // 1st Intern. Conf. Soil of Urban,

Industrial, Traffic and Mining Areas. University of Essen. – 2000. Proceeding, v. 3. – P. 1007.

390. Haubold–Rosar M., Katzur J. Application of organic waste materials for agricultural recultivation of mine soils in Eastern Germany – effects on soil chemical properties // 1st Intern. Conf. Soil of Urban, Industrial, Traffic and Mining Areas. – University of Essen, 2000. – Proceeding. V. 3. – P. 1007.

391. Haynes, R. J. Amelioration of Al toxicity and P deficiency in acid soils by additions of organic residues: a critical review of the phenomenon and the mechanisms involved / R. J. Haynes, M. S. Mokolobate // Nutrient cycling in Agroecosystems. – 2001. – V. 59, Issue 1. – P. 47–63. DOI: [10.1023/A:1009823600950](https://doi.org/10.1023/A:1009823600950).

392. Haynes, R. J. Influence of lime, fertilizer and manure application on soil organic matter content and soil physical conditions : a review / R. J. Haynes, R. Naidu // Nutrient Cycling in Agroecosystems. – 1998. – V. 51, Issue 2. – P. 123–137.

393. Hodge, W.W. Pollution of streams by coal mine drainage / W. W. Hodge // Industrial and Engineering Chemistry. – 1937. – V. 29. – P. 1048–1055.

394. Hsu P.H. Fixation of phosphate by Al and Fe in acidic soils // Ibid. – 1965. – V. 39, №6. – P.

395. Illner K., Lorenz W. Das Domsdorfer verfahren zur wiedernitzbarmschung von kippen and Halden des Braun Kohlenbergbaues. – Berlin: Humbolt Universitat, 1965. – S. 312–340.

396. Jackson, L. E., Jr A summary of water chemistry data for undisturbed coal–bearing watersheds and a synoptic survey of open pit mine leachates, Southern Rocky Mountains, Alberta and British Columbia // Current Research, Part B / Recherches en cours, Partie B; Geological Survey of Canada. Geological Survey of Canada, Paper no. 82–1B. – 1982. – P. 239–251.

397. Jackson, M. L. Aluminium bounding in soils : an unifying principle in soil science / M. L. Jackson // Soil. Sci. Soc. Amer. Proc. – 1963. – V. 27, Issue 1. – P. 1–10.

398. Jeng, A. S. Weathering of some Norwegian alum shales 1. Laboratory simulations to study acid generation and the release of sulphate and metal cations (Ca, Mg & K) / Alhaji S. Jeng // *Acta agric. Scand.* – 1991. – V. 41, Issue 1. – P. 13–35.
399. Johnson, C. D. Minesoil properties of 15 abandoned mine land sites in West Virginia / C. D. Johnson, J. G. Scousen // *J. Environ. Qual.* – 1995. – V. 24, № 4. – P. 635–643.
400. Johnson, M. S. Revegetation of metalliferous wastes and land after metal mining / M. S. Johnson, J. A. Cooke, J. K. W. Stevenson // Hester R. E., Harrison R. M. *Mining and its environmental impact.* Royal Society of Chemistry, Cambridge, United Kingdom. – 1994. – P. 31–48.
401. Johnson, N. D. The conservation value of metalliferous mine sites in Cornwall / N. D. Johnson, P. Payton & A. Spalding (Eds.) // *Cornwall Archaeological Unit and Institute of Cornish Studies.* – Truro, 1996.
402. Kappen H. *Die Bodenazidität* / H. Kappen. – Berlin : Verlag von Julius Springer, 1929. – 369 p. DOI: [org/10.1007/978-3-642-91785-1_1](https://doi.org/10.1007/978-3-642-91785-1_1)
403. Kenneth J.S. Reclamation mined coal lands in Eastern Oklahoma // *Okl. Coal. Notes.* – 1971. – V. 31, №6. – P. 111–123.
404. Kidd, P. Effects of aluminum on the growth and mineral composition of *Betula pendula* Roth / P. Kidd, J. Proctor // *Journal of Experimental Botany.* – 2000. – V. 51, № 347. – P. 1057–1066.
405. Knabe, W. Methods and results of strip-mine reclamation in Germany / W. Knabe // *Ohio Journal of Science.* – 1964. – V. 64, Issue 2. – P. 75–105. <http://hdl.handle.net/1811/4991>
406. Kostenko, I. Soil Forming Processes in Sulfide-Containing Mine Wastes / I. Kostenko, N. Opanasenko // *Abstract EUROSIL 2004.* September 4–12, Freiburg, Germany. – 2004. –P. 170.
407. Kostenko, I. V. The Study of the Processes of Sulfide – Containing Wastes Transformation in Soils / I. V. Kostenko, N. Ye. Opanasenko, V. V. Korzenevsky // 1st Intern. Conf. on Soils of Urban Industrial, Traffic and Mining Areas. University of Essen, Germany, July 12–18, 2000. – 2000. – Proceeding, v. 3. – P. 1009–1014.

408. Kostenko, Igor. Acid sulfate soils on mine wastes in West Donbass region Ukraine / Igor Kostenko, Nick Opanasenko // SUITMA – 2003. Final program and abstracts book. July 9–11, Nancy, France. – 2003. – P. 109–110.
409. Locard, R. G. Effects of toxic levels of sodium, arsenic, iron and aluminum / R.G. Lockard and A. R. McWalter // Malaylan Agricultural Journal. – 1956. – V. 39. – P. 256–267.
410. Lorens W.D., Kopp D. Zur Bildung von Standortgruppen und zur Vaumartenwahe auf Kippstandeorten inder Niederlausitz // Veröff. Inst. Landschaftspflege Humboldt – Univ. Berlin, 1968, 11. – 30 S.
411. Mandal, L. N. Transformation of iron and manganese in water-logged rice soils / L. N. Mandal // Soil Sci. – 1961. – V. 91, № 2. – P. 141–155.
412. Margalef, R. Perspectives in ecological theory / R. Margalef. – Chicago, London : Univ. Chicago Press, 1968. – 111 p.
413. Massey, H. F. Copper, nickel and zinc released from acid coal mine spoil materials of Eastern Kentucky / H. F. Massey, R. I. Barnhisel // Soil Science. – 1972. – V. 113, Issue 3. – P. 207–212.
414. Matthess G., Otting R., Schulz M., Werner H. Effect on coal mine wastes of Nordrhine – Westphalia in ground water // IAHS Publications. – 1982. – №139. – P. 271–278.
415. Mazurak A.P. Aggregation of inorganic particles in Hesperia sandy loam // Soil Sci. Soc. of Amer. Proc. – 1949. – V. 14. – P. 632–640.
416. Nordstrom, D. K. The geochemical behaviour of aluminum in acid acidified surface waters / D. K. Nordstrom, J. W. Ball // Science. – 1986. – V. 232, № 4746. – P. 54–56. DOI: [10.1126/science.232.4746.54](https://doi.org/10.1126/science.232.4746.54)
417. Old Fields : Dynamics and Restoration of Abandoned Farmland / Eds. Viki A. Cramer and Richard J. Hobbs. – Washington, Covelo, London : Island Press, 2007. – 352 p.
418. Öborn, I. Characterization of jarosite – natrojarosite in two northern Scandinavian Soils / I. Öborn I., D. Berggren // Geoderma. – 1995. – V. 66, № 3–4. – P. 213–226.

419. Öborn, I. Some effects of chemical weathering in three cultivated acid sulfate soils in Sweden // Plant – soil interactions at low pH / Ed. R. J. Wright, V. C. Baligar, R. P. Murrmann // Dev. Plant Soil Sci. – 1991. – V. 45. – P. 55–63.
420. Paver, H. The role of aluminum in the reaction of the clays / H. Paver, C. E. Marshall // Jour. Soc. Chem. Industry (London). – 1934. – V. 53. – P. 750–760.
421. Petsch, G. Haldenbegrünung als Beitrag zur Landschaftspflege im Ruhrgebiet / G. Petsch, K. H. Grohs // Natur und Landschaft. – 1972. – Bd.8, № 3. – S. 88–92.
422. Peucker, H. Begrünungen am Mittellandkanal nach vier Jahrzehnten / H. Peucker // Natur und Landschaft. – 1970. – Bd. 45, № 2. – S. 38–41.
423. Pionke, R.B. Relationships between acidic aluminium and soil pH, clay and organic matter / R. B. Pionke, R. B. Corey // Soil Sci. Soc. Amer. Proc. – 1967. – Vol. 31, № 6. – P. 9–17.
424. Puri A.N. Physical characteristic of soils. 9. Relation between ultra clay and volume floccules // Soil Sci. – 1944. – V. 58. – P. 31–36.
425. Raunkiaer Ch. Plant life forms / transl. from Danish by H. Gilbert-Carter. – Oxford : Clarendon Press, 1937. – 104 p.
426. Salazar, Miguel. Restoration of soils of coal mining areas using pig slurry in semiarid Mediterranean environments / Miguel Salazar, Angela –D. Bosch and Rosa M. Poch. // 1st Intern. Conf. Soil of Urban, Industrial, Traffic and Mining Areas. University of Essen. – 2000. – Proceeding, v. 3. – P. 1001–1006.
427. Schaaf, W. Development of element cycles at post–mining sites / W. Schaaf, M. Gast, R. Wilden, R. F. Hüetl / 1st Intern. Conf. Soil of Urban, Industrial, Traffic and Mining Areas. – University of Essen. – 2000^a. – Proceeding. V. 3. – P. 1015–1021.
428. Schaaf, W. Sewage sludge application in mine site restoration / W. Schaaf, R. Wilden, R. F. Hüetl // 1st Intern. Conf. Soil of Urban, Industrial, Traffic and Mining Areas. – University of Essen. – 2000. – Proceeding. V. 3. – P. 1065–1072.
429. Schaaf, W. Temporal and spatial development of soil solution chemistry and element budgets in different mine soils of the Lusatian lignite mining areas /

W. Schaaf, M. Gast, R. Wilden, J. Scherzer, K. Blechschmidt, R. F. Hütetl // Plant and Soil. – 1999. – V. 213. – P. 169–179.

430. Schaaf, Wolfgang. Sewage sludge application in mine site restoration / Wolfgang Schaaf, Rudolf Wilden and Reihard F. Hütte // 1st Intern. Conf. Soil of Urban, Industrial, Traffic and Mining Areas. – University of Essen, 2000. – Proceeding, v.3. – P. 1065–1072.

431. Schlüten, U. Die Entwicklung von Heckenlagen Sauren tertiären Abraummateriale in Braunkohlerevier Helmstedt nach Sechs Vegetationsperioden / U Schlüten // Landschaft und Stadt. – 1973. – Bd.5, № 1. – S. 42–48.

432. Schwertmann, U. The influence of aluminium on iron oxides. 5. Clay minerals as sources of aluminium / U. Schwertmann // Soil. Sci. – 1979. – V. 128, № 4. – P. 195–200.

433. Segalen P. Le fer dans les sols // Init. Doc. Techn. ORSTOM. – Paris, 1964. – № 4. – 151 p.

434. Senkayi, A. L. Simulated weathering of lignite overburden shall from northeast Texas / A. L. Senkayi, J. B. Dixon, L. R. Hossner // Soil Sci. Soc. Amer. J. – 1981. – V. 45, № 5. – P. 982–986. DOI: [10.2136/sssaj1981.03615995004500030043x](https://doi.org/10.2136/sssaj1981.03615995004500030043x)

435. Senkayi, A. L. Transformation of chlorite to smectite through regularly interstratified intermediates / A. L. Senkayi, J. B. Dixon, L. R. Hossner // Soil Sci. Soc. Amer. J. – 1981. – V. 45, № 3. – P. 650–656. DOI: [10.2136/sssaj1981.03615995004500030043x](https://doi.org/10.2136/sssaj1981.03615995004500030043x)

436. Shen, M. J. Aluminum fixation in montmorillonite / M. J. Shen and C. I. Rich // Soil Sci. Soc. Amer. Proc. – 1962. – V. 26. – P. 33–36.

437. Silburn, D. V. Soil properties of surface mined land / D. V. Silburn, F. R. // Crown Trans. ASAE. – 1984. – V. 27, № 3. – P. 827–832.

438. Skavina T. Organization und Stand der Rekultivierung in der volksrepublik Polen // Sbornik internationalis symposium. – 1962. – P. 32–38.

439. Skousen, J. G. Natural revegetation of 15 abandoned mine land sites in West Virginia / J. G. Skousen, C. D. Johnson, and K. Garbutt // J. Environ. Qual. – 1994. – V. 23. № 6. – P. 1224–1230.

440. Smith, R. M. Properties, processes and energetic of mine soils / R. M. Smith, W. E. Grube, Jr., J. C. Sencindiver, R. N. Singh, A. A. Sobek // Transactions of the 10th international congress of soil science. Fertility of soils. – Moscow : «Nauka» Publishing House, 1974. – V. 4, Commission 4. – P. 406–412.
441. Štýs, S. General rekultivace Severočeskovo hnedouhelneho reviru / S. Štýs // Ochrana Prirody. – 1961. – V. 2, № 16. – S. 39–46.
442. Štýs, S. Rekultivace území postižených těžbou nerostných surovin Stanislav / S. Štýs, K. Dimitrovsky, F. Jonas, a kol. – Praha : SNTL, 1981. – 712 s.
443. Sumina, O. I. The taxonomic diversity of quarry vegetation in North–West Siberia and Chukotka / O. I. Sumina // Polar Geography. – 1998. – Vol. 22, Issue 1. – P. 17–55.
444. Tan, K. H. Effect of humic acid on aluminum toxicity in corn plants / K. H. Tan and A. Binger // Soils Science. – 1986. – V. 141, Issue 1. – P. 20–25.
445. Temple, K. L. The autotrophic oxidation of iron by a new bacterium : Thiobacillus ferrooxidans / K. L. Temple, A. R. Colmer // J. bacteriol. – 1951. – V. 62, № 5. – P. 605–611.
446. The Environmental Chemistry of Aluminum / Ed. G. Sposito. – Boca Raton, London, New York, Washington D.C. : Lewis Publishers, 1996. – 464 p.
447. Thomas, G. W. Forms of aluminum in cation exchangers / G. W. Thomas // Trans 7th Int. Congr. Soil. Sci. – Madison, 1960. – V. 2. – P. 364–369.
448. Van Breemen, N. Acid sulfate soils and rice / N. van Breemen and L. J. Pons // Proc. Symp. Soils and Rice. The International Rice Research Institute, Los Baños, Laguna, Philippines. – 1978. – P. 739–761.
449. Van Breemen, N. Soil forming processes in acid sulfate soil / N. van Breemen // Acid Sulfate Soils. Proceedings of the International Symposium on Acid Sulfate Soils 13–20 August 1972, Wageningen, The Netherlands. I. Introductory Papers and Bibliography / Ed. Dost. H. – Netherlands, 1973. – P. 66–130.
450. Van Breemen, N. Soil forming processes in acid sulphate soils / N. van Breemen // Acid sulphate soils / Ed. H. Dost / Institute for Land Reclamation and Improvement. – Wageningen, 1973. – V. 1. – P. 66–130.

451. Verordnung zum Schutz des Land und forstwirtschaftlichen Grunt und Boden und zur Sicherung der sozialistischen Bodennutzung. Verordnung vom 17 Dezember 1964 // Gbl. – 1965. – Bd. 2. – S. 233.

452. Warming E. Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie. Eine Führung in die Kenntnis der Pflanzenvereine. – Berlin : Gebrüder Bornträger, 1896. – 412 p.

453. Werner K. Probleme der Wiedernutzbarmachung von Braunkohlenkippen für Land wirtschaftliche Zwecke. – Halle, 1966. – 124 s.

454. Zhang J., Luo Sh. A case study on the relationship between sulfur forms and acidity in acid sulphate soil // (ASS) 17th WCSS, III-210 (Thailand August 2002.): Thailand. Symposium №63. 2002. – P.1048-1 – 1048-5.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

Глава 4.2

Таблица А.1 – Результаты учета приживаемости древесно–кустарниковых растений 1999 г. посадки (осень) на опытном участке на отвале шахты «Першотравнева» по состоянию на август 2000 г.

Древесно–кустарниковые породы	Всего высажено растений, шт.	Прижилось		Не прижилось	
		Шт.	%	Шт.	%
<i>Pinus nigra</i> J.F.Arnold	10	9	90	1	10
<i>Juniperus sabina</i> L.	15	13	87	2	13
<i>Juniperus virginiana</i> L.	10	6	60	4	40
<i>Platycladus orientalis</i> (L.) Franco	10	8	80	2	20
<i>Sumphoricarpus albus</i> (L.)	15	15	100	0	0
<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	10	10	100	0	0
<i>Buddleja davidii</i> Franch.	10	8	80	2	20
<i>Spiraea</i> × <i>vanhouttei</i> (Briot) Zabel	10	7	70	3	30
<i>Ligustrum vulgare</i> L.	10	7	70	3	30
<i>Gleditsia triacanthos</i> L.	10	6	60	4	40
<i>Quercus robur</i> L.	10	2	20	8	80
<i>Acer platanoides</i> L.	15	15	100	0	0
<i>Fraxinus lanceolata</i> Borkh.	15	15	100	0	0
<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	10	8	80	2	20
<i>Syringa vulgaris</i> L.	10	6	60	4	40
<i>Forsythia</i> × <i>intermedia</i> Zabel	10	7	70	3	30
<i>Tamarix tetrandra</i> Pall. ex M.Bieb.	10	8	80	2	20
Всего	190	150	77	40	23

Глава 5.2

Таблица А.2 – Физические свойства молодой техногенной почвы межбугорных понижений и сульфидной горной породы вершины бугров (контроль) на опытно-производственном участке трапециевидного шахтного отвала, рекультивированном рельефоформирующим способом. Участок 0,8 га.
ПСП «Шахта «Першотравнева», 2011–2012 гг.

Разрез, варианты опыта	Слой, см	Скелет, % от ненарушенного объема	Запасы мелкозема, т/га	Объемная масса мелкозема, г/см ³	Удельная масса, г/см ³	Общая порозность мелкозема, %
37 межбугорное понижение	0–20	29	1505	1,06	2,47	57
	20–40	36	1485	1,16	2,42	52
	40–60	48	1310	1,27	2,43	49
39 межбугорное понижение	0–20	20	1760	1,10	2,51	56
	20–40	38	1500	1,21	2,53	52
	40–60	53	1203	1,28	2,49	49
39а вершина бугра (контроль)	0–20	59	1156	1,41	2,54	45
41 межбугорное понижение	0–20	20	1648	1,03	2,51	59
	20–40	28	1699	1,18	2,65	56
	40–60	22	2184	1,40	2,55	45
44 межбугорное понижение	0–20	3	2483	1,28	2,44	44
	20–40	12	1813	1,03	2,57	50
	40–60	59	968	1,18	2,48	59
44а вершина бугра (контроль)	0–20	57	1247	1,45	2,51	42
51 межбугорное понижение	0–20	13	1844	1,06	2,65	60
	20–40	19	2009	1,24	2,66	53
	40–60	44	1545	1,38	2,44	44

Глава 5.3

Таблица А.3 – Химические и физико–химические свойства мелкозема (расчеты на абсол. сухую навеску) молодых техногенных почв и сульфидной горной породы на опытно–производственном участке шахтного отвала, рекультивированного рельефоформирующим способом. Площадь 0,8 га. ПСП «Шахта «Першотравнева», 2011–2012 гг.

Разрез, вариант опыта	Слой, см	рН		S, %		Кислотность, смоль(+)/кг		Подвижный Al ³⁺		Подвижные формы, мг/кг	
		H ₂ O	KCl	валовая	сульфатная	гидролитическая	обменная	смоль(+)/кг	мг/100 г	Fe ³⁺	Mn ⁴⁺
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
35 межбугорное понижение	0–20	3,85	3,44	не опр.	не опр.	7,65	4,17	0,83	7,47	108,7	6,6
	20–40	3,89	3,41	не опр.	не опр.	7,49	4,32	0,86	7,74	202,7	9,0
	40–60	3,86	3,43	не опр.	не опр.	3,90	1,19	0,80	7,20	121,1	9,4
37 межбугорное понижение	0–20	4,69	3,87	не опр.	не опр.	4,17	1,14	0,22	1,98	63,2	5,7
	20–40	4,06	3,86	не опр.	не опр.	5,41	2,19	0,45	4,05	65,2	2,5
	40–60	3,89	3,46	не опр.	не опр.	7,47	3,95	0,79	7,11	56,9	7,0
37 ^a вершина бугра (контроль)	0–20	4,09	3,73	не опр.	не опр.	4,97	1,45	0,29	2,61	38,7	6,1
39 межбугорное понижение	0–20	4,50	3,65	0,15	0,07	5,48	1,16	0,21	1,89	15,6	2,6
	20–40	4,81	3,92	0,12	0,03	3,40	1,17	0,10	0,90	8,3	9,1
	40–60	7,05	6,46	0,20	0,02	0,52	0	0	0	16,7	9,9
39 ^a вершина бугра (контроль)	0–20	5,53	4,03	0,28	0,20	3,83	0,22	0,43	3,60	10,4	5,4
41 межбугорное понижение	0–20	5,13	4,54	0,09	0,06	4,61	0,12	0,20	1,8	26,6	1,7
	20–40	5,51	4,99	0,10	0,10	2,80	0,02	0,03	0,27	41,5	3,6
	40–60	7,45	не опр.	0,09	0,08	0	0	0	0	32,0	8,8

Продолжение таблицы А.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
41 ^а вершина бугра (контроль)	0–20	3,21	2,96	0,54	0,37	16,20	4,30	7,6	68,90	147,1	6,1
42 межбугорное понижение	0–20	3,73	3,23	не опр.	не опр.	11,12	6,34	1,23	11,07	144,1	7,1
	20–40	3,65	3,20	не опр.	не опр.	6,27	6,33	1,26	11,34	203,2	6,5
	40–60	3,72	3,26	не опр.	не опр.	10,22	5,99	1,19	10,71	226,9	7,2
42 ^а вершина бугра (контроль)	0–20	4,58	4,50	не опр.	не опр.	7,66	0,11	не опр.	не опр.	202,5	53,2
44 межбугорное понижение	0–20	6,30	5,31	0,18	0,10	2,41	0,04	0,07	0,63	2,4	4,0
	20–40	7,20	6,36	0,10	0,06	1,08	0	0	0	8,6	6,4
	40–60	6,35	5,80	0,17	0,07	3,56	0,02	0,03	0,27	3,3	4,2
45 межбугорное понижение	0–20	4,58	3,83	0,28	не опр.	5,20	0,95	0,19	1,71	75,9	15,7
	20–30	3,80	3,45	0,16	не опр.	10,22	3,24	0,64	5,76	125,5	12,4
	30–55	4,17	3,83	0,16	не опр.	6,61	1,44	0,29	2,61	121,3	35,4
51 межбугорное понижение	0–20	5,60	5,11	не опр.	не опр.	2,40	0,57	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.
	20–55	4,24	3,80	не опр.	не опр.	5,52	1,13	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.
52 межбугорное понижение	0–20	3,89	3,30	не опр.	не опр.	8,36	4,47	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.
	20–40	3,82	3,32	не опр.	не опр.	7,35	3,96	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.
	40–60	3,66	3,14	не опр.	не опр.	8,35	3,94	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.
53 межбугорное понижение	0–20	3,63	3,18	не опр.	не опр.	13,24	6,63	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.
	20–40	3,93	3,44	не опр.	не опр.	8,94	4,78	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.

Примечание: в почве и породе нет CaCO₃

Глава 5.4

Таблица А.4 – Содержание общего и экстрагируемого углерода и запасы гумуса в молодых почвах и в сульфидной горной породе на участке шахтного отвала, рекультивированного рельефоформирующим способом ПСП «Шахта «Западно–Донбасская», 2010–2012 гг.

Разрез, вариант опыта	Слой, см	Содержание С, %		Запасы мелкозема, т/га	Содержание гумуса, % запасы гумуса, т/га
		общего	экстрагируемого		
12, межбугорное понижение	0–25	3,76	0,22	2250	0,38 / 8,5
	25–50	5,39	0,10	2048	0,17 / 3,5
13, межбугорное понижение	0–25	3,08	0,26	2070	0,45 / 9,3
	25–50	2,86	0,08	2064	0,14 / 2,9
14, межбугорное понижение	0–25	2,95	0,15	2531	0,26 / 6,6
	25–50	3,53	0,08	2600	0,14 / 3,6
15, межбугорное понижение	0–20	3,85	0,14	2278	0,24 / 5,5
	20–40	3,80	0,06	2075	0,10 / 2,1
16, межбугорное понижение	0–20	4,43	0,28	1904	0,48 / 9,1
	20–40	3,84	0,13	1959	0,22 / 4,3
	40–60	5,10	0,47	1769	0,81 / 14,3
16а, вершина бугра (контроль)	0–20	3,90	0,08	1539	0,14 / 2,2
17, межбугорное понижение	0–25	не опред.	0,52	1960	0,90 / 17,6
	25–50	не опред.	0,14	1890	0,24 / 4,5
17а, межбугорное понижение	0–20	не опред.	0,08	1030	0,14 / 1,4

Глава 5.6

Таблица А.5 – Динамика влажности молодой почвы и сульфидной горной породы (контроль) на опытно–
 производственном участке шахтного отвала рекультивированного рельефоформирующим способом
 ПСП «Шахта «Першотравнева»

№ разреза	Глубина, см	Запасы мелкозема, т/га	Недоступная влага, %	Полевая влажность, %			Продуктивная влага, мм		
				апрель	август	октябрь	апрель	август	октябрь
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2010 г.									
39 межбугорное понижение	0–20	1760	5,60	8,35	5,85	8,94	4,84	0,44	5,87
	20–40	1500	5,31	8,15	5,92	10,06	4,26	0,92	7,25
	40–60	1203	5,03	9,29	5,99	12,53	5,12	1,15	9,02
	0–60	4463					14,22	2,51	22,12
44 межбугорное понижение	0–20	2483	5,46	6,29	5,53	19,23	2,06	0,17	34,41
	20–40	1813	6,01	8,40	7,01	16,58	4,30	1,81	19,22
	40–60	968	7,29	9,98	8,00	14,37	2,60	0,69	6,85
	0–60	5264					8,96	2,67	60,48
41 межбугорное понижение	0–20	1648	5,76	11,28	5,91	14,86	9,09	0,25	14,99
	20–40	1699	5,58	9,98	5,73	13,98	7,47	0,25	14,27
	40–60	2184	5,03	10,51	6,19	19,10	11,9	2,53	30,72
	0–60	5531					28,46	3,03	59,98
39а вершина бугра	0–20	1156	6,45	8,74	6,50	10,42	2,64	0,06	4,58

Продолжение таблицы А.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2011 г.									
39 межбугорное понижение	0–20	1760	5,60	7,49	13,76	10,96	3,32	14,36	9,43
	20–40	1500	5,31	8,28	11,84	7,54	4,45	9,79	3,34
	40–60	1203	5,03	9,77	12,22	8,73	5,70	8,64	4,45
	0–60	4463					13,47	32,79	17,22
44 межбугорное понижение	0–20	2483	5,46	6,17	5,50	10,31	1,76	0,10	12,04
	20–40	1813	6,01	9,23	6,44	8,05	5,83	1,00	3,69
	40–60	968	7,29	11,86	8,21	8,65	4,42	1,00	1,31
	0–60	5264					12,01	2,10	17,04
41 межбугорное понижение	0–20	1648	5,76	11,22	8,29	16,71	8,99	4,16	18,04
	20–40	1699	5,58	12,76	12,86	11,14	12,19	12,36	9,44
	40–60	2184	5,03	10,08	11,08	9,91	11,02	13,21	10,65
	0–60	5531					32,20	29,73	38,13
39а вершина бугра	0–20	1156	6,45	8,73	7,82	8,89	2,63	1,58	2,82
2012 г.									
39 межбугорное понижение	0–20	1760	5,60	6,15	15,53	9,97	1,00	17,16	7,69
	20–40	1500	5,31	7,23	11,53	8,78	2,88	3,11	5,21
	40–60	1203	5,03	8,39	11,08	10,83	4,04	7,27	6,98
	0–60	4463					7,92	27,54	19,88
44 межбугорное понижение	0–20	2483	5,46	6,42	12,68	12,84	2,38	17,92	18,32
	20–40	1813	6,01	7,57	12,58	10,97	2,82	11,91	8,99
	40–60	968	7,29	8,11	13,46	13,91	1,00	5,97	6,41
	0–60	5264					6,20	35,80	33,72

Продолжение таблицы А.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
41 межбугорное понижение	0–20	1648	5,76	9,91	17,93	17,91	6,83	20,05	20,02
	20–40	1699	5,58	10,32	19,44	13,90	8,05	23,54	14,14
	40–60	2184	5,03	9,47	21,63	12,19	9,69	36,25	15,64
	0–60	5531					24,57	79,84	49,8
39а вершина бугра	0–20	1156	6,45	8,75	8,80	9,65	2,65	2,71	3,70

Приложение Б

**А****Б**

Рисунок Б.1 – Растения в понижениях на вершине сульфидсодержащего шахтного отвала. А – Абрикос обыкновенный; Б – Груша обыкновенная



А



Б

Рисунок Б.2. – Растения в понижениях на вершине сульфидсодержащего шахтного отвала. А – Робиния лжеакация; Б – Ясень зеленый

**А****Б**

Рисунок Б.3 – Растения в понижениях на вершине сульфидсодержащего шахтного отвала. А – Дуб черешчатый; Б – Клен остролистный

Міністерство енергетики та вугільної
промисловості України
Державне підприємство
"Проектування будівництва
підприємств вугільної промисловості
"ПВДЕНДПРОШАХТ"
Код ЄДРПОУ 00167606
61057, Харків, вул. Пушкінська, 5
Тел.: (057) 731-13-53, 731-27-66
Т/факс: (057) 731-29-24
e-mail: shahta@ukrpost.ua

Министерство энергетики и угольной
промышленности Украины
Государственное предприятие
"Проектирование строительства
предприятий угольной промышленности
"ЮЖГИПРОШАХТ"
Код ЕГРПОУ 00167606
61057, Харьков, ул. Пушкинская, 5
Тел.: (057) 731-13-53, 731-27-66
Т/факс: (057) 731-29-24
e-mail: shahta@ukrpost.ua



Для телеграм: Харків, Південдіпрошахт

Для телеграмм: Харьков, Южгипрошахт

№ 23-05

04.02.2013 г.

СПРАВКА

Дана аспиранту лаборатории агроэкологии Никитского ботанического сада – Национального научного центра (НБС-ННЦ) Национальной академии аграрных наук Украины Новицкому Максиму Леонидовичу в том, что его разработки по теме аспирантской подготовки использованы Государственным предприятием "Проектирование строительства предприятий угольной промышленности "Южгипрошахт" при разработке проектов горнотехнической и биологической рекультивации сульфидных горных пород отвалов на шахтах "Степная" и "Юбилейная" ПАО "ДТЭК Павлоградуголь".

Директор

И.А. Шалдырван

Главный инженер проектов

В.М. Клинин





ПАТ «ДТЕК ПАВЛОГРАДВУГІЛЛЯ»

вул. Ленина, 76, м. Павлоград,
Днепропетровська обл
51400, Украина
тел. +38 056 326 85 56
факс: +38 056 326 76 16

р/р 26003962482940
в ПАТ «ПУМБ» м. Донецьк
МФО 334851
ЄДРПОУ 00178353
Свідоцтво № 100342214
ІПН 001783504102

ПАО «ДТЭК ПАВЛОГРАДУГОЛЬ»

ул. Ленина, 76, г. Павлоград,
Днепропетровская обл
51400, Украина
тел. +38 056 326 85 56
факс +38 056 326 76 16

р/с 26003962482940
в ПАО «ПУМБ» г. Донецк
МФО 334851
ЕГРПОУ 00178353
Свидетельство № 100342214
ИНН 001783504102

140814 № 25/9493
На № _____ від _____

СПРАВКА

Дана аспиранту лаборатории агроэкологии Никитского ботанического сада Национального научного центра (НБС-ННЦ) Национальной академии аграрных наук Украины Новицкому Максиму Леонидовичу в том, что в основе разработанных усовершенствованных учёными НБС-ННЦ (доктором с-х наук Опанасенко Н.Е., лабораторией агроэкологии Костенко И.В., доктором биологических наук Корженевским Е. аспирантом Новицким М.Л.) способов рельефоформирующей и физико-химической рекультивации сульфидных горных пород шахтных отвалов и при его непосредственном участии в 2010-2012 гг. рекультивировано 2,5 га отвалов на ПСП «Шахта «Запад Донбасская» и ПСП «Шахтоуправление Першотравенское». На этой площади в 2010 г. заложены опытно-производственные насаждения древесно-кустарниковых пород саженцами НБС-ННЦ. Эти участки являются объектами внедрения научных исследований Новицкого М.Л.

Испытанные на практике и усовершенствованные способы рекультивации сульфидных отвалов легли в основу составления институтами «Южгипрошахт» и «Днепрогипрошахт» проектов рекультивации вершины отвала ($S \approx 4,5$ га) ПСП «Шахта «Степная» и ба «Безымянная» ($S \approx 10$ га) ПСП «Шахта «Павлоградская» для их озеленения деревьями и кустарниками.

Способы рекультивации отвалов НБС-ННЦ и выявленные аспирантом Новицким М. адаптированные и перспективные виды древесно-кустарниковых растений внедряются Управлением рекультивации земель и на других шахтных отвалах Западного Донбасса.

Директор по экологии,
водным и земельным ресурсам

В.Н. Вернигора

Директор специализированного
управления рекультивации земель

Ф.И. Щербинин

Главный технолог
земельных ресурсов

Е.В. Сидельник